Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de la Société Philomathique

T. LVI Nos 7-8 1949

Chronique et Correspondance

A propos de la Méthodologie des Recherches Agronomiques

M. Vassereau, Professeur à l'Institut de Statistique de l'Université de Paris, nous a adressé la lettre suivante :

La *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées* a publié, dans son numéro 11-12 de 1948, un article où M. I. A. Pastac expose ses conceptions personnelles en matière de recherche agronomique. Les critiques qu'il exerce à l'égard des méthodes statistiques risquent de jeter le trouble et la confusion dans l'esprit de tous ceux qui n'en ont pas une connaissance approfondie, et qui sont encore nombreux en France.

Les méthodes statistiques, qui sont appliquées avec un plein succès à l'étranger, et dans un certain nombre de stations françaises, ont déjà donné lieu à une abondante littérature; je n'entreprendrai donc pas d'en faire un nouvel exposé. Mais je vous saurai gré de bien vouloir publier les rectifications suivantes à quelques affirmations erronées qui figurent dans l'article de M. I. A. Pastac.

M. Pastac semble croire que les statisticiens s'intéressent à « la grandeur absolue des résultats », et non à leurs différences. Or, c'est exactement l'inverse qui est la vérité. Devant un groupe de moyennes, correspondant à autant de traitements différents (engrais, variétés, etc.), le statisticien se pose la question suivante : la dispersion des résultats (c'est-à-dire l'ensemble des différences qu'ils font apparaître) peut-elle être expliquée par les seuls facteurs aléatoires du'une expérience sur le champ comporte nécessairement? Si la réponse est négative, c'est qu'il existe, dans le groupe des traitements, certaines *différences significatives*.

M. Pastac semble ignorer qu'une moyenne peut avoir une précision supérieure à celle d'un résultat isolé. Il est bien évident que l'ouvrier qui tranche les bouts des raves n'opère pas avec la précision du dixième de gramme. Mais les erreurs accidentelles qu'il introduit concourent, avec tous les autres facteurs aléatoires, tels que le manque d'homogénéité des parcelles, les variations d'humidité, de terre adhérente, etc., à former ce qu'on appelle l' « erreur expérimentale », qui sert de base pour juger si les différences entre traitements sont ou non significatives. De nombreuses décimales figurent parfois dans les calculs statistiques, mais cela tient simplement aux procédés de calcul employés. Le résultat final doit toujours être exprimé avec la précision qu'il est susceptible de comporter. Si certains auteurs ont négligé de tenir compte de ce principe, cela n'enlève rien à la valeur des méthodes elles-mêmes.

Il est inexact d'affirmer que « les partisans des méthodes statistiques préconisent expressément d'éviter tout ordre dans la disposition des parcelles ». En réalité, les facteurs de variation qui peuvent être identifiés doivent, dans toute la mesure du possible, *être contrôlés* (par exemple, l'ensemble d'un bloc, les « li-

gnes » et « colonnes » du carré latin, etc.). La *randomisation* ne s'applique qu'aux facteurs inidentifiables, ou dont la mise sous contrôle exigerait des efforts hors de proportion avec le but à atteindre. On « dirige les essais », et on ne « subit les coups de la chance » que lorsqu'on ne peut pas faire autrement. R. A. Fisher, dont tous les « randomiseurs » se recommandent, n'en a pas moins écrit un ouvrage dont le titre est, à cet égard, particulièrement éloquent : « The design of experiment ». Ce « spécialiste en statistique » n'a pas été engagé par la station de Rothamsted uniquement « pour faire le calcul d'aberrations et déterminer exactement la moyenne » !

Il serait évidemment préférable que la fertilité d'un champ varie comme une fonction continue et encore mieux linéaire. Malheureusement, entre parcelles voisines, il n'y a qu'une corrélation plus ou moins élevée, et dont il est impossible de tenir compte, parce qu'elle est inconnue à l'avance, et qu'elle varie avec les conditions de l'essai (variété, facteurs climatiques, etc.).

Que le schéma du « carré latin » soit, sur le terrain, d'application un peu compliquée, et se prête mal à la comparaison de nombreux traitements, j'en conviens. Mais la méthode des blocs permet d'essayer simultanément, sans grandes difficultés, un nombre assez élevé de traitements ; elle consiste, au fond, à réaliser *plusieurs répétitions* pour chaque traitement — *ce qui est toujours indispensable* — en ne laissant le hasard jouer qu'à l'*intérieur des blocs*. D'autres méthodes existent, qui permettent de comparer simultanément un grand nombre de traitements, en se montrant moins exigeant sur la précision des comparaisons ; si cela est nécessaire, les meilleurs traitements ainsi sélectionnés peuvent à nouveau être confrontés, avec une excellente précision, dans un dispositif en carré latin.

Quant aux « transformations statistiques qui compliquent tout », aux « efforts qui doivent être déployés », aux « calculs nécessaires », etc... tous ceux qui les ont quelque peu pratiqués, savent qu'ils ne demandent qu'un peu d'ordre et de méthode, et ne prennent qu'un temps négligeable dans une campagne d'expérimentation, lorsqu'on se borne aux schémas classiques des « blocs » et « carrés latins ».

La querelle entre partisans des grandes et des petites parcelles ne présente qu'un intérêt très secondaire. Trois éléments entrent en ligne de compte dans l'interprétation complète d'un essai ou d'une série d'essais :

— La *validité* des conclusions, liée au risque, jamais totalement exclu, de formuler une conclusion erronée ;

— La *précision* des comparaisons, caractérisée par la plus petite différence qui peut être reconnue comme significative, après discussion de l'ensemble des mesures ;

— La *généralisation* des résultats à des conditions variées de sol, circonstances climatiques, etc... qui nécessite en général la répétition des essais sur plusieurs stations et pendant plusieurs années.

La belle affaire que de très petites parcelles permettent d'obtenir des résultats hautement concluants, si les conclusions ne sont applicables qu'aux conditions très particulières de l'essai.

Car il est insuffisant de se borner à « ne faire varier dans chaque essai qu'une des conditions d'expérience à la fois » (suivant l'expression de Grandeau citée par M. Pastac). C'est ignorer que le développement d'une fonction limité aux termes du 1er degré, ne constitue qu'une approximation, et qu'entre plusieurs facteurs il peut exister des *interactions* qu'une *expérience complexe*, dont le plan a été judicieusement établi, permet de mettre en évidence. M. Pastac semble d'ailleurs prendre conscience de ce fait à la fin de son article (à propos des essais sur l'action des micro-éléments).

M. Pastac affirme qu'« avec 9 parcelles, on peut examiner 9 formules d'engrais ». Je dois avouer que les exemples cités ne me convainquent nullement. La comparaison des deux essais sur les pommes de terre (1936 et 1941) fait bien apparaître, dans les deux cas, la supériorité de la formule $N_2P_1K_2$. Mais si l'on compare les six formules pour lesquelles on a obtenu des rendements chiffrés, on constate d'un essai à l'autre, des divergences considérables.

Formules	1936 (Dicky Muis.)	1941 (Consuragis)
$N_2P_1K_2$	6.200	6.300
$N_2P_1K_3$	5.000	4.730
$N_1P_1K_1$	4.500	2.920
$N_1P_1K_2$	4.300	5.500
$N_2P_1K_1$	3.470	3.120
$N_1P_1K_3$	2.800	4.760

Dans ce tableau, les rendements ont été rangés par ordre décroissant en 1936. L'ordre obtenu en 1941 est tout différent, et je serais personnellement bien embarrassé pour formuler une conclusion valable sur l'effet de N, P et K.

Les essais sur le tabac, bien que confiés à des exploitants et non à une station d'expéri-

mentation, sont, à mon avis, beaucoup plus convaincants. Mais il y a 6 répétitions, et il s'agit, sous une forme un peu rudimentaire, d'un *sondage d'opinion*. M. Pastac ferait-il parfois de la statistique sans le savoir ? D'autant qu'un peu plus loin, il pose le problème en des termes que tous les statisticiens approuveront, lorsqu'il se demande si « la variation constatée est réellement due à la variation du facteur que l'on étudie, ou si elle n'est pas provoquée par une autre cause ayant échappé à la prévision ». Les méthodes statistiques ne font qu'exploiter ce principe, en tenant compte de toutes les causes qui *échappent toujours* à la prévision. Elles n'ont jamais prétendu « suppléer à la qualité de l'expérimentation ».

Je ne vois personnellement que des avantages à ce que l'on adresse des critiques aux méthodes statistiques. Dans une matière encore neuve, où les intéressés ne sont pas toujours d'accord, la critique peut être un facteur de progrès — encore faut-il qu'elle s'exerce à bon escient.

A. VASSEREAU.

L'activité récente en géométrie algébrique

La géométrie algébrique a pris naissance au XIX^e^ siècle, à partir des recherches qui permirent de dégager la notion du *genre* d'une courbe algébrique plane. On fût ainsi amené à faire l'étude des *transformations birationnelles* et à en rechercher les invariants. Ce sujet difficile, où les voies propices à l'unification semblaient se dérober, est en étroite relation avec la Topologie et avec de nombreux problèmes du Calcul intégral. Des progrès parallèles de haute importance ont été réalisés dans ces diverses branches. Et aujourd'hui, plusieurs ouvrages dédactiques facilitent beaucoup l'accès de ces domaines si décisifs.

Il convient de citer en première ligne ceux de Lucien Godeaux, professeur à l'Université de Liége et membre de l'Académie Royale de Belgique. Le talent d'exposition de ce géomètre, dont la réputation est mondiale, est bien connu des lecteurs de langue française à la suite d'ouvrages généraux, accessibles à un large public, parus l'un chez Hermann, l'autre dans la Collection Armand Colin, à la suite aussi de ses beaux exposés dans l'Encyclopédie française. C'est pourquoi le Centre de Documentation Universitaire a tenu à publier en dactylographie dans sa collection les Cours de la Sorbonne, les Leçons faites par Lucien Godeaux dans la chaire de Géométrie supérieure au premier semestre de l'année scolaire 1947-1948 sous le titre :

Géométrie algébrique : théorie des courbes et des surfaces (Prix : 250 francs)

En moins de cent pages, préfacées par M. René Garnier, y sont présentées les idées centrales et propositions vraiment essentielles de la théorie. Le lecteur est on ne peut mieux préparé aux exposés plus détaillés du même auteur, donnés dans ses ouvrages édités à Liége dans la collection *Sciences et Lettres*, format 16×24, et qui s'intitulent respectivement :

Introduction à la géométrie supérieure, 150 pages.

Géométrie algébrique. I. Transformations birationnelles, géométrie projective hyperspatiale, 236 pages.

Géométrie algébrique. II. Géométrie sur une courbe algébrique, géométrie algébrique du plan, 210 pages.

Géométrie algébrique. III. Géométrie sur une surface algébrique (en préparation).

Ces livres constituent la meilleure voie d'accès. Mais leur lecture donnera souvent le désir de pousser plus avant et en particulier d'approfondir les méthodes récentes, rattachant la géométrie algébrique à la théorie des idéaux. Une contribution importante à cet aspect de la question est réalisée depuis peu par l'ouvrage suivant :

Moderne algebraische Geometrie : die idealtheoretischen Grundlagen, format 15×22, 212 p. (Springer, Vienne et Innsbrück, 1949).

Cet important traité est dû à Wolgang Gröbner, professeur à l'Université d'Innsbrück.

Au même courant d'idées, se rattachent plusieurs livres récents d'André Weil, professeur à l'Université de Chicago. Deux d'entre eux ont été déjà analysés ici même. Ils s'intitulent respectivement :

Foundations of Algebraic Geometry. Amer. Math. Soc. Colloq., vol. 29 (New-York), 1946.

Sur les courbes algébriques et les variétés qui s'en déduisent. Act. sc. et ind. Hermann, fasc. 1.041 (1948).

Dans la même collection que ce dernier, et à sa suite, il faut encore signaler à l'actif du même auteur un important travail :

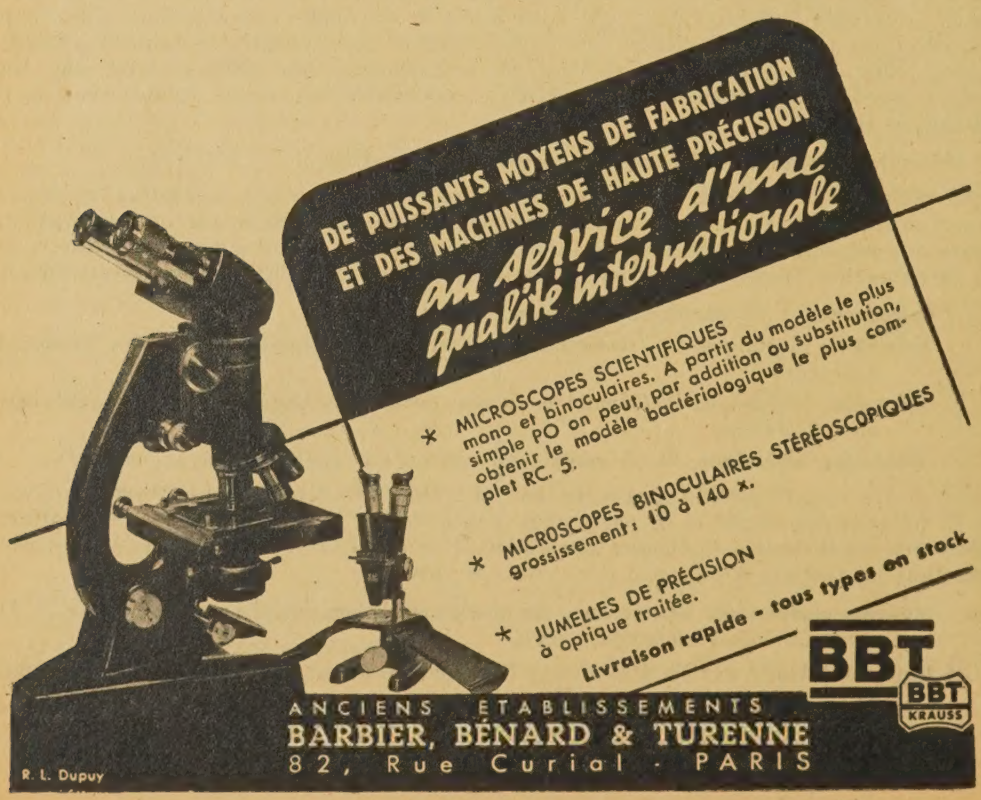
Variétés abéliennes et courbes algébriques (fasc. 1.064), 165 p. Prix : 850 francs.

L'étude des jacobiennes et la théorie générale des variétés abéliennes, qui se prêtent un mutuel secours, y sont menées de front. Au point de vue de la technique démonstrative on y retrouve tout l'intérêt de la Topologie combinatoire, déjà mis en évidence par Lefchetz.

Le courant d'activité qui, dans l'espace de quelques années, a fait éclore ces publications importantes, s'est confirmé au *Colloque International d'Algèbre et Théorie des Nombres* (22 septembre-1^er octobre 1949), organisé à l'Institut Henri-Poincaré sous les auspices du C. N. R. S. A côté des contributions profondes apportées à l'étude des variétés algébriques par les professeurs O. Zariski (Harvard University), P. Dubreil (Paris), R. Apéry (Rennes), B. L. van der Waerden (Amsterdam), A. Weil (Chicago), P. Samuel (Clermont-Ferrand), on n'a pas moins apprécié les efforts précisant l'arithmétique sur les courbes, surfaces et hypersurfaces algébriques dont la voie jadis ouverte par Poincaré et jalonnée par la thèse d'André Weil. A ce sujet, les communications des professeurs T. Nagell (Upsal), B. Segre (Pologne), L. Mordell (Cambridge) ont éclairé de difficiles problèmes, auxquels des apports substantiels ont été faits dernièrement aussi par deux jeunes Français, François Châtelet, qui professe à Lyon ainsi qu'à Lausanne, et A. Néron, du C. N. R. S.

En résumé, la Géométrie algébrique est aujourd'hui une zone privilégiée pour qui veut comparer, quant à leur rendement, les méthodes mathématiques : Zariski a bien montré toute la puissance de celles d'esprit récent, mais sans effacer (point de vue de B. Segre), le prestige de constructions plus anciennes.

G. Bouligand.



Le nouveau traité de zoologie [1]

Deux nouveaux volumes du *Traité de Zoologie* viennent de paraître presque simultanément; ils ne le cèdent en rien au tome XI, déjà paru, quant à l'importance et à l'étendue des matières traitées, comme on pourra s'en rendre compte par l'analyse suivante.

TOME VI. — ONYCHOPHORES. - TARTIGRADES. - ARTHROPODES. - TRILOBITOMORPHES. - CHELICERATES. — L'ouvrage débute par l'étude de quelques groupes d'animaux d'affinités incertaines : Onychophores, Tartigrades, Pentastomides (Lucien CUÉNOT). La seconde partie, de beaucoup la plus volumineuse, est consacrée à l'embranchement des Arthropodes, dont l'étude complète nécessitera cinq volumes au total. Elle se divise comme suit :

— *Généralités et composition de l'embranchement* (A. VANDEL). — Nous trouvons dans ce chapitre les considérations les plus récentes sur les organes sensoriels et le système nerveux de Arthropodes, sur le rôle des glandes à sécrétions internes dans les changements de coloration, les phénomènes de mues et de métamorphoses, sur le développement des gonades. La bibliographie, nécessairement réduite, comprend les indications des traités généraux consacrés aux Arthropodes et des mémoires récents renfermant la bibliographie contemporaine de sujets particuliers.

— *Sous-embranchement des Trilobitomorphes* (LEIF STÖRMER).

— *Trilobitomorphes douteux* (ordre des Arthropleurides), par G. WATERLOT.

— *Sous-embranchement des Chélicérates.*

⊙ Classe des Mérostomacés (Louis FAGE).

⊙ Classe des Arachnides.

- ☐ Morphologie générale et anatomie interne (Jacques MILLOT).
- ☐ Développement embryonnaire des Arachnides (Constantin DAWYDOFF).
- ☐ Ordre des Scorpions (J. MILLOT et M. VACHON).
- ☐ Ordre des Pseudoscorpions (Max VACHON).
- ☐ Ordre des Solifuges (J. MILLOT et M. VACHON).
- ☐ Ordre des Palpigrades (J. MILLOT).
- ☐ Ordre des Uropyges (J. MILLOT).
- ☐ Ordre des Amblypyges (J. MILLOT).
- ☐ Ordre des Aranéides (J. MILLOT).
- ☐ Ordre des Ricinuléides (J. MILLOT).
- ☐ Ordre des Opilions (L. BERLAND).
- ☐ Ordre des Acariens (Marc ANDRÉ).

⊙ Les Arachnides fossiles (G. WATERLOT).

Pour chacun de ces différents ordres, le plan suivi est à peu près le même : morphologie externe, anatomie interne, biologie, éthologie, répartition géographique et systématique, paléontologie et phylogénie. Notons l'importance des chapitres concernant le développement embryonnaire des Arachnides, la physiologie des Aranéides (organes des sens, glandes venimeuses chélicériennes, glandes séricigènes), le dimorphisme des Acariens et le rôle des Acariens parasites en pathologie.

⊙ Classe des Pycnogonides (Louis FAGE).

TOME IX. — INSECTES. : *Paléontologie, géonémie, Aptérygotes, Ephéméroptères, Odonatoptères, Blattoptéroïdes, Orthoptéroïdes, Dermaptéroïdes, Coléoptères.* — Les principales divisions de l'ouvrage sont indiquées ci-dessous :

— *Classification et phylogénie des Insectes* (R. JEANNEL). — Les systèmes plus ou moins compliqués proposés depuis LINNÉ, cherchant à s'appuyer sur la phylogénie, ont abouti à la classification de MARTYNOV (1938); c'est cette dernière qui est adoptée ici, avec quelques améliorations; elle compte 40 ordres dont il est donné un tableau d'ensemble.

— *Les Insectes fossiles* (R. JEANNEL).

— *Evolution et géonémie des Insectes* (R. JEANNEL).

— *Sous-classe des Aptérygotes* (R. DENIS) : super-ordre des Entotrophes (Collemboles, Diploures, Protoures); super-ordre des Ectotrophes (Thysanoures).

— *Sous-classe des Ptérygotes :*

- ☐ Super-ordre des Ephéméroptères (R. DESPAX.
- ☐ Super-ordre des Odonatoptères (L. CHOPARD).
- ☐ Super-ordre des Blattoptéroïdes.
  - ⊙ Ordre des Dictyoptères (L. CHOPARD).
  - ⊙ Ordre des Isoptères ou Termites (Pierre-P. GRASSÉ).
  - ⊙ Ordre des Zoraptères (R. DENIS).
- ☐ Super-ordre des Orthoptéroïdes.
  - ⊙ Ordre des Plécoptères (R. DESPAX).

1. *Traité de Zoologie (Anatomie, Systématique, Biologie)*, publié sous la direction de Pierre-P. GRASSÉ. — Masson et Cie, éditeurs. Paris, 1949.

⊙ Ordre des Notoptères (L. CHOPARD).
⊙ Ordre des Chéleutoptères (L. CHOPARD).
⊙ Ordre des Orthoptères (L. CHOPARD).
⊙ Ordre des Embioptères (R. DENIS).
□ Super-ordre des Dermaptéroïdes (L. CHOPARD).
□ Super-ordre des Coléoptéroïdes (partie générale par R. JEANNEL; partie systématique par R. PAULIAN et R. JEANNEL).

Chacun de ces deux tomes comporte des figures nombreuses et claires, plusieurs planches en couleurs particulièrement réussies et une copieuse bibliographie termine chaque chapitre.

Il est superflu de souhaiter la bienvenue à ces deux nouveaux volumes : de telles œuvres s'imposent d'elles-mêmes par la somme énorme des connaissances qu'elles apportent, par la compétence des auteurs et par les éminents services qu'elles rendent au monde scientifique.

R. CAVIER.

Une discipline médicale nouvelle :

L'ENDOCRINO-PSYCHIATRIE

C'est grâce aux progrès conjoints de l'Endocrinologie et de la Psychiatrie qu'on a pu envisager d'associer ces deux disciplines médicales dans un but commun, celui du traitement de psychoses et des névroses. On connaissait déjà des états d'arriération mentale, consécutifs à de graves déficiences glandulaires (myxœdème, idiotie mongolienne, crétinisme, nanisme hypophysaire, etc...). Mais, c'est depuis quelques années seulement qu'on s'est spécialement préoccupé de rechercher la part des désordres endocriniens dans les troubles fonctionnels psychiques ou névropatiques, à évolution discontinue, intermittents, occasionnels, susceptibles de guérison et spécialement ceux intéressant l'affectivité et la sthénie.

Dans un ouvrage récent je me suis efforcé de faire « le point actuel » et de résumer les premiers résultats des recherches que je poursuis depuis dix-huit ans déjà[1].

Mais pour arriver à des résultats concrets, pour unir utilement ces deux disciplines, il importe que l'endocrinologiste averti, s'associe à un psychiatre pourvu d'une longue expérience, car on ne s'improvise pas plus l'un que l'autre. Hors de cette méthode, on aboutit à la confusion et à l'erreur.

C'est essentiellement un travail d'équipe, faite de physiologistes, de biologistes et de cliniciens.

Bien des points obscurs demeurent dans ces diverses spécialités; quand ce ne serait qu'au point de vue de l'embryologie et aussi de certaines glandes endocrines encore incomplètement éclairées quant à leur rôle multiple (testicules et surrénales en particulier).

L'Endocrinologie féminine a fait, en revanche, au cours de ces dernières années, d'extraordinaires progrès. On a maintenant parfaitement isolé l'hormone œstrogène, la progesterone, on a en grande partie élucidé le rôle stimulant de l'hypophyse, et des techniques de laboratoires de plus en plus précises (dosages hormonaux, examen de l'endomètre, frottis vaginaux, etc.) permettent de s'aventurer sur des assises plus solides.

Plus récemment, l'étude du complexe hypophyso-hypothalamique, des métabolismes essentiels du diencéphale, des phénomènes vasculaires cérébraux, de l'électro-encéphalographie du cerveau, apportent des renseignements de plus en plus précis sur l'importance des hormones et sur leurs actions multiples. Enfin, la chimie biologique, à son tour, quand elle s'intéresse à ces phénomènes encore mystérieux que représentent les diastases, les coenzimes, les apo-azimes, les protéides, soulève les coins du voile.

Nous sommes ainsi entrés dans le domaine de la psycho-physiologie dont l'Endocrino-Psychiatrie représente un chapitre important; celle-ci cependant n'expliquera jamais toute la genèse des troubles mentaux et ne guérira pas toutes les maladies névropsychiques par l'hormonothérapie.

Il n'est pire danger que la tendance à l'hégémonie et à la généralisation.

Il serait pour le moins imprudent de parler de psychoses folliculiniques, thyroïdiennes ou autres, tout aussi bien que de vouloir expliquer tous les désordres de l'esprit par quelques troubles de métabolismes importants, tel celui du calcium.

1. Paul ABELY. — *Introduction à l'étude de l'Endocrino-Psychiatrie.* Société d'Edition d'Enseignement Supérieur, Paris, 1949.

Que les glandes endocrines participent à de nombreux désordres psychiques et, spécialement, à ceux intéressant l'affectivité, la sthénie, l'intelligence, le caractère, le sens moral, la chose ne fait aucun doute. Mais le jeu des interréactions hormonales, neuro-végétatives, vasculaires, diencéphaliques, corticales, électriques, métaboliques, psychologiques, est tel qu'il serait pour le moins téméraire de conclure à une étiologie élective et précise.

Sous ces réserves, et dès maintenant, on peut cependant apporter déjà des résultats concrets et objectifs.

C'est ainsi que les deux types les plus fréquents de névropathies sont liées à des troubles endocriniens électifs : les unes, à forme psychasthénique obsessionnelle et anxieuse, reposent sur des insuffisances de la cortico-surrénale et des vitamines C; un traitement approprié aboutit à des résultats remarquables et rapides; les autres, dites spasmophiliques, sont conditionnées par des perturbations du métabolisme et de l'utilisation tissulaire du calcium.

Dans le domaine des psychoses, celles répondant à des états mélancoliques ou d'excitation sont à base d'une anarchie hormonale et circulatoire élective, accessible au traitement. Les psychoses puerpérales, autrefois de pronostic réservé, guérissent maintenant, dans la majorité des cas, avec une heureuse rapidité. Il s'agit presque toujours et en majorité de troubles du complexe diencéphalo-hypophysaire et d'un épuisement hypophysaire fréquent après l'accouchement.

Enfin, les troubles psychiques ou nerveux qui précèdent, accompagnent ou suivent la période de la ménopause, qu'elle soit féminine ou masculine, relèvent maintenant d'une thérapeutique hormonale appropriée qui soulage heureusement le sujet.

Ainsi en est-il de la frigidité et de l'impuissance, des troubles glandulaires de la prépuberté, de la cryptorchidie. Telles sont les quelques considérations que je voulais apporter ici à propos de cette nouvelle discipline médicale.

L'Endocrino-Psychiatrie fait revenir dans le cadre de la médecine générale cette Psychiatrie qui n'aurait jamais dû en sortir, embrumée qu'elle fut, durant de très longues années, par des spéculations purement psychologiques qui retardaient l'évolution de cette spécialité médicale.

Elle ouvre des horizons thérapeutiques pleins d'espoir qu'il faut savoir découvrir, agrandir et exploiter à condition de rester scrupuleusement dans le domaine de l'expérimentation, des constatations cliniques indiscutables, de l'objectivité et du bon sens.

A.-M.-Paul Abely,
Médecin de l'Hôpital Sainte-Anne (Paris).

Le Congrès des chimistes autrichiens à Linz

(26-28 mai 1949)

La Société chimique autrichienne a tenu à Linz un congrès — le second depuis la fin des hostilités. A l'appel de son président, le doyen Chwala, avaient répondu non seulement des savants autrichiens, mais aussi des chimistes de divers pays : l'Union internationale de la Chimie y était d'ailleurs représentée.

Dans la séance inaugurale, après les souhaits de bienvenue du président, une adresse de sympathie fut votée à l'unanimité au professeur Marx, qui avait été proscrit par les Allemands et qui est maintenant titulaire d'une chaire aux Etats-Unis. Des allocutions furent ensuite prononcées par le chef du district et le bourgmestre de Linz. Puis vinrent trois conférences générales, par le professeur Natta (de Milan), sur le développement de la synthèse organique à partir de l'oxyde de carbone; par le professeur Zinke (de Graz), sur la chimie des phénoplastes, et par M. Schlichting (de Ludwigshafen), sur la polymérisation cyclique de l'acétylène.

De nombreuses communications ont ensuite été présentées dans les diverses sections, puis les congressistes ont pris part à des visites d'usines — spécialement d'usines de produits chimiques installées par les Allemands pendant l'occupation, et qui sont maintenant nationalisées et exploitées par l'Etat autrichien.

Ainsi que l'a justement signalé le Dr Koref, bourgmestre de Linz, l'activité de l'industrie chimique constitue pour l'Autriche, si durement éprouvée, un motif d'espoir et de confiance en l'avenir.

R. Dubrisay.

ÉTUDE PHARMACODYNAMIQUE DE LA DIVISION CELLULAIRE

par Guy DEYSSON

Chef de Travaux à la Faculté de Pharmacie de Paris

I. — INTRODUCTION

Après l'étude de la caryocinèse normale, qui est maintenant bien connue dans ses modalités sinon dans son mécanisme intime, les cytologistes ont abordé le problème des modifications provoquées de ces modalités. La question est intéressante à la fois du point de vue biologique théorique et de celui des applications pratiques.

C'est ainsi, par exemple, que le fait de pouvoir ralentir ou, au contraire, accélérer la multiplication cellulaire est d'un grand intérêt pratique et je n'en citerai pour preuve que l'utilisation des hétéroauxines en culture pour favoriser le bouturage. Le rôle prépondérant joué par les chromosomes dans la transmission des caractères héréditaires a conduit les généticiens à utiliser certains agents en vue de modifier le stock chromosomique des individus, soit qu'ils se bornent à multiplier le nombre des chromosomes préexistants sans modifier aucun d'entre eux, soit qu'ils cherchent à produire des modifications qualitatives, détruisant ou fragmentant certains chromosomes, ce qui aboutit à modifier l'idiogramme primitif. Enfin, l'étude de la cancérisation expérimentale d'une part, les essais de thérapeutique du cancer, chimiothérapiques et radiothérapiques, de l'autre, sont encore des sujets de la plus haute importance se rattachant à la pharmacodymanie de la division cellulaire.

Mais, si le domaine de ces recherches est d'une telle ampleur, il s'en faut cependant que les études aient été également poussées dans les diverses directions. Bien souvent, l'agent pharmacodynamique utilisé n'a été considéré que comme un instrument destiné à produire un effet déterminé sans que l'on cherche à étudier avec précision les modalités de son action et encore moins le mécanisme de celle-ci.

En pratique, on peut dire que ce sont surtout les agents mitoclasiques, c'est-à-dire les inhibiteurs du fonctionnement fusorial, qui ont donné lieu à des recherches cytologiques approfondies mais, même dans ce domaine, les résultats obtenus sont de valeur très inégale et difficiles à comparer entre eux. Les auteurs ont travaillé sur des objets très divers, utilisé des techniques variées et n'ont, bien souvent, pas cherché à déterminer exactement la valeur de leur méthode d'étude ni la limite des indications qu'elle était susceptible de leur donner. Ce travail préliminaire est cependant indispensable et, dans ce domaine comme dans d'autres, on est bien près d'avoir résolu le problème si l'on a su le poser correctement.

Position du problème.

Examinons donc d'abord à quel point de vue l'on doit se placer lorsque l'on étudie l'action d'un agent sur la division cellulaire. Le premier point de vue qui se présente à l'esprit est d'observer les troubles morphologiques apportés par cet agent à telle ou telle partie de l'appareil cinétique ou, si l'on préfère, d'étudier l'action exercée sur le déroulement de la cinèse : on observe, par exemple, des fragmentations chromosomiques sous l'effet de certaines irradiations, une inhibition totale du fuseau qui se transforme en un pseudo-fuseau non fonctionnel sous l'influence de la colchicine, une inhibition du cloisonnement cellulaire, etc.

Cependant, il est nécessaire d'étudier également l'action exercée sur l'ensemble d'une population cellulaire; le point de vue précédent considéré seul conduit en effet à une conception abstraite, théorique et inexacte de l'action exercée : c'est ainsi que l'on a pu dire, par exemple, que les nombreuses substances mitoclasiques connues agissent toutes de la même manière et que la seule différence réside dans les concentrations à mettre en œuvre. Or, si toutes produisent bien des stathmocinèses en inhibant le fonctionnement fusorial, chaque substance exerce cependant une action bien individualisée et quiconque a l'expérience de ces agents mitoclasiques sait que l'examen d'une préparation révèle généralement des particularités qui permettent presque, parfois, d'identifier l'agent mis en œuvre. Ces différences sont dues à deux causes : d'une part, les cellules réagissent avec

une intensité variable et, pour des concentrations exerçant une action de moyenne intensité, on pourra très bien, par exemple, observer côte à côte, comme dans la figure 1, des

FIG. 1

cinèses tout à fait normales et d'autres, troublées au maximum; d'autre part, les altérations morphologiques des figures de cinèse sont accompagnées d'autres actions telles que action sur le rythme des entrées en cinèse, action sur la durée des divers stades, action sur l'accroissement des cellules, etc., et on ne peut isoler arbitrairement la première de ces actions des suivantes sous peine d'aboutir à des interprétations fausses. Voici un exemple qui illustrera bien ces notions : un examen cytologique attentif a montré la présence dans les tissus cancéreux de stathmocinèses et d'hémicinèses semblables à celles provoquées par la colchicine et certains auteurs n'ont pas hésité à en conclure que les substances cancérigènes et les substances mitoclasiques agissent de façon identique, homologie appuyée également par le fait que la colchicine provoque la formation de tumeurs à l'extrémité des racines. Cependant, si au lieu de considérer seulement l'action exercée sur une cinèse, on tient compte de l'action exercée sur un ensemble de cellules, on doit reconnaître que la cancérisation est caractérisée avant tout par une prolifération cellulaire, tandis que la colchicine, et encore plus les autres agents mitoclasiques, exercent toujours une action mitodépressive qui aboutit, plus ou moins rapidement, à la cessation des entrées en cinèse : on peut donc dire, en somme, que ces deux actions sont exactement opposées et non point semblables comme un examen superficiel pourrait le faire croire.

Voyons maintenant comment peut et doit être abordée l'étude des différentes actions définies plus haut.

II. — ACTION SUR LE DÉROULEMENT DE LA CINÈSE

L'action exercée sur le déroulement de la cinèse s'étudie au moyen des méthodes cytologiques usuelles. N'importe quel objet peut être utilisé pourvu qu'il comprenne un certain nombre de cellules en voie de division. L'étude consiste à observer et décrire, avec la plus grande précision possible, les figures de cinèse obtenues au moyen de techniques convergentes de fixation et de coloration.

C'est certainement l'action exercée par la colchicine qui a fait l'objet des analyses les plus précises. Havas [21] et Dustin, Havas et Lits [11] l'ont décrite les premiers, notant qu'elle s'exerce surtout sur les cellules « en imminence de prolifération » et consiste essentiellement en une inhibition du fuseau, empêchant la répartition en deux groupes des chromosomes clivés; l'année suivante, Dustin [9] propose de donner à la caryocinèse déviée par la colchicine le nom de stathmocinèse, « terme rappelant que ce processus diffère surtout d'une mitose normale par le temps d'arrêt survenant à la fin de la prophase par suite de l'inhibition du fuseau ». Dès la même année, P. et N. Gavaudan [17, 18, 19] décrivent également cette action, montrant que la colchicine agit par défaut de fonctionnement de la figure achromatique et qu'il en résulte le doublement du nombre des chromosomes; un peu plus tard, ils établissent que la colchicine n'agit pas seulement sur le fuseau mais aussi sur les chromosomes eux-mêmes en retardant la division du centromère.

Des nombreuses autres publications, dont la plupart n'ont fait que confirmer à ce point de vue les premières, je ne citerai que celle de Levan [22], qui a étudié avec beaucoup de précision la disposition des chromosomes au cours de la stathmocinèse et montré que les noyaux peuvent atteindre un degré élevé de polyploïdie, et celles de Mangenot [24, 25]; ce dernier auteur a notamment décrit les phénomènes de catachromase qui conduisent à la formation du noyau tétraploïde, puis, dans un mémoire étendu et abondamment illustré, il a repris l'ensemble de la question, coordonnant et complétant les observations antérieures.

Puis, Gavaudan [14] s'est préoccupé de l'influence de la concentration mise en œuvre et a montré que celle-ci suffit à définir les anomalies cinétiques observées avec tous les agents mitoclasiques, supprimant ainsi la division en groupe colchicinique et groupe paradichlorobenzénique. Cet auteur définit trois degrés d'altération : la tropocinèse, simple désorientation de l'axe fusorial, la mérostathmocinèse, « altération plus ou moins prononcée du fuseau anaphasique, permettant une anaphase anormale (fonctionnement imparfait, pluripolarité) et une cytodiérèse anormale ou différée » et enfin la stathmocinèse vraie, sans anaphase (inhibition complète du fuseau par perte de structure) avec retard de la disjonction des chromatides chromosomiques et inhibition complète de la cytodiérèse.

Ce tableau a fait l'objet de retouches de la part de Mangenot et Carpentier [27] qui apportent, sur les différents degrés d'altération possibles, les précisions suivantes : la notion de mérostathmocinèse est discutable car elle englobe des effets différents; la cytocinèse peut être seule inhibée, partiellement (hémidiérèse) ou totalement (stathmodiérèse), ou bien la caryocinèse peut elle-même être touchée : les chromosomes sont imparfaitement dissociés, soit que certains d'entre eux, retardataires, forment un ou plusieurs ponts entre les noyaux-fils (pseudo-amitoses), soit que l'un des groupes anaphasiques se dédouble (mitoses tripolaires) : de tels troubles peuvent être désignés sous le nom d'hémicinèse. De plus, on peut observer chez les tropocinèses un cloisonnement complet, incomplet ou totalement déficient. Enfin, diverses autres altérations peuvent également être rencontrées telles que pycnose, bourgeonnements nucléaires, contraction chromosomique, etc.

Gavaudan [15, 16] est revenu à deux reprises sur ces observations. Pour la tropocinèse, il estime en effet « évident qu'elle peut être normale ou anormale » du point de vue du fonctionnement du fuseau. Quant à la mérostathmocinèse, elle ne doit comprendre que les cas où la répartition anaphasique des chromosomes est troublée. Cependant, par ailleurs, il signale que la cytodiérèse peut, elle aussi, être modifiée de trois façons : simple anomalie de l'orientation de la cloison (tropodiérèse), anomalies de la structure et du nombre des cloisons (dysdiérèse) ou enfin inhibition complète du cloisonnement (stathmodiérèse), si bien qu'il ne semble pas subsister de désaccord entre ces auteurs au sujet des différents degrés possibles d'altération.

Enfin, s'il est intéressant d'observer l'orientation des cinèses normales et de distinguer à ce point de vue les orthocinèses et les tropocinèses, on peut généralement faire la même distinction en ce qui concerne les hémicinèses (Deysson [7]) et désigner les hémicinèses à axe oblique sous le terme d'hémitropocinèses.

Nous pouvons résumer comme suit les différentes anomalies provoquées par les agents mitoclasiques.

1. Caryocinèse normale = orthocinèse (répartition des chromosomes en deux lots égaux correctement orientés)

avec : hémidiérèse = dysdiérèse (anomalies dans la structure et le nombre des cloisons)

ou : stathmodiérèse (absence de cloisonnement).

2. Tropocinèse (absence de régulation d'orientation du noyau lors de la prophase)

avec : tropodiérèse

ou : hémidiérèse

ou : stathmodiérèse.

3. Mérostathmocinèse = hémicinèse (la translation anaphasique des chromosomes présente des anomalies)

avec : hémidiérèse

ou : stathmodiérèse.

D'après l'orientation de l'axe de ces cinèses, on peut les diviser en hémiorthocinèses et hémitropocinèses.

4. Stathmocinèse (absence de tout fonctionnement fusorial)

avec, obligatoirement, stathmodiérèse.

J'ai développé l'exemple des agents mitoclasiques car l'étude de leur action sur le cours de la cinèse a fait l'objet de nombreuses recherches et d'une analyse particulièrement précise. Cependant, ce n'est pas le seul type d'action connue comme peuvent le montrer quelques autres exemples.

C'est ainsi que Levan [23] a observé, sous l'influence de diverses hétéroauxines, une action polyploïdisante d'une toute autre origine : le fonctionnement fusorial n'est en aucune manière perturbé et le doublement du nombre chromosomique résulte d'une déviation des processus prophasiques au cours desquels chaque chromosome se scinde non plus en deux mais en quatre chromatides bien distinctes. Cette anomalie, résultant d'une double reproduction des chromosomes dans le

noyau au repos, a d'ailleurs été observée spontanément, chez des animaux (larves de moustiques, gerris, drosophiles, etc.) comme chez des végétaux (Spinacia, Rhoeo, Sauromatum), et a parfois reçu le nom d'endomitose. D'après Witkus [34] cette dénomination doit être réservée à un processus un peu différent observé dans les cellules du tapis staminal de Spinacia : l'endomitose vraie est très proche de la stathmocinèse dont elle ne diffère que par la persistance à tous les stades de la membrane nucléaire et du nucléole. Chez Cannabis, Rizet [31] a pu obtenir, par action de la colchicine, la superposition dans les mêmes cellules de l'« endomitose » et de la mitoclasie, démontrant bien ainsi la différence de mécanisme des deux phénomènes.

Enfin, sous l'action de diverses radiations, on peut affecter, non le fuseau, mais les chromosomes et provoquer des agglutinations et des fragmentations de ceux-ci (voir, par exemple, une revue récente de Mlle Villars [33]).

III. — ACTION SUR L'ENSEMBLE D'UNE POPULATION CELLULAIRE

Si, comme nous venons de le voir, l'action d'un certain nombre de substances sur le déroulement de la cinèse est maintenant connue avec précision, il n'en est pas de même en ce qui concerne l'action de ces substances sur l'ensemble d'une population cellulaire; très peu d'études ont été faites dans ce but et encore sont-elles de valeur très inégale. Cela tient à la fois à la complexité du problème, plusieurs facteurs variant en général simultanément, et au fait que la technique à suivre est assez laborieuse.

Cependant, le besoin de ces recherches n'a pas manqué de se faire sentir dès que l'on a voulu étudier l'action d'une substance sur la division cellulaire. C'est ainsi qu'en ce qui concerne la colchicine, Dustin fut, dès ses premières observations, frappé de la fréquence inusitée des figures de cinèse et conclut à une action excitomitotique de l'alcaloïde; peu après, Gavaudan rapporta au contraire le même phénomène à une action ralentissante sur la durée de la cinèse et particulièrement de la métaphase. Ces deux thèses en présence ont suscité de nombreux travaux mettant en œuvre des techniques très variées.

Choix de l'objet.

Les objets utilisés par les chercheurs peuvent être classés en quatre catégories :

1. Tissu animal en régénération ou en prolifération *in vivo*. Par exemple, épithélium buccal de jeunes Axolotls (Bureau et Vilter [1, 2]), cornée de têtards (Sentein [32]), etc.

Dustin [10], utilisant les cornes utérines de lapines impubères, y déclenche des cinèses par injection d'urine de femme enceinte et c'est sur ce matériel sensibilisé qu'il étudie l'action de la colchicine; cependant on peut reprocher à l'auteur de n'avoir pas suivi en fonction du temps l'action exercée par l'urine sur le rythme cinétique, ce qui aurait pourtant été nécessaire pour délimiter exactement la part qui revient à la colchicine dans l'action constatée.

2. Culture de tissus animaux : c'est de cette manière qu'on été effectuées les recherches particulièrement importantes de Von Moellendorff et de ses élèves [29], etc. Ces auteurs ont dénombré les cinèses dans les couches périphériques de cultures de fibrocytes; ils ont fait remarquer qu'on ne doit utiliser que les zones comprenant au maximum deux couches de cellules, sinon on obtient toujours relativement trop de méta- ana- et débuts de télophases et trop peu de prophases et de fins de télophases par suite de la plus grande difficulté de distinguer celles-ci.

3. Culture de tissus végétaux. Si cette technique a pu être appliquée par Martin [28] à l'étude de l'action exercée par la colchicine sur la prolifération cellulaire dans des conditions où la teneur en auxine était strictement contrôlée, elle ne semble guère se prêter à l'étude des cinèses. Voici d'ailleurs, à ce sujet, l'opinion de Gautheret [13 p. 14] : « ...les cultures des tissus animaux sont particulièrement favorables pour des études d'ordre morphologique, tandis que les cultures de tissus végétaux sont surtout adaptées à des recherches physiologiques. On doit reconnaître en effet que les tissus végétaux cultivés *in vitro* se prêtent mal à l'observation microscopique directe parce qu'ils demeurent compacts, tandis qu'au contraire les colonies de cellules animales, en raison de leur transparence parfaite, permettent une étude précises de leur structure. »

4. Méristèmes radiculaires. Ceux-ci constituent actuellement le matériel végétal de choix pour ce genre de recherche. Il est en effet facile de soumettre les racines à une solution exactement déterminée du corps dont on étudie l'action; les méristèmes renferment un nombre toujours assez important de cellules en cours de cinèse que l'on peut étudier par la méthode des coupes ou celle des dissociations. Dans la première, on pratique des coupes longitudinales correctement orientées et sériées; on peut se contenter d'étudier et de dénombrer les cinèses d'une seule coupe et

l'on doit alors choisir la coupe la plus axiale afin que les différentes régions du méristème soient bien représentées dans la préparation selon leur importance; c'est ainsi, par exemple, qu'a procédé Mangenot [26] qui a dressé des cartes de coupes axiales de méristèmes radiculaires de plantules et de bulbes d'*Allium Cepa* L. et a dénombré environ 500 cellules méristématiques chez les plantules et 1.000 chez les racines de bulbes. Pour pouvoir étudier un nombre plus élevé de cellules, Patterson [30] a procédé de la façon suivante : les deux coupes les plus axiales d'une série de coupes longitudinales de plantules d'Orge de 6 μ sont repérées et, partant de là, on en choisit cinq dans chaque direction; deux coupes sont sautées entre chacune de celles choisies, de telle sorte qu'aucun noyau ne puisse être compté plus d'une fois.

La méthode par dissociation après coloration au carmin acétique ou à l'orcéine acétique présente divers avantages : outre sa rapidité d'exécution, elle réunit toutes les cellules d'un méristème en une seule préparation, aussi lisible qu'un étalement de sang, et surtout, les cellules se présentent toutes entières, ce qui est indispensable pour étudier en toute sécurité les cinèses très anormales.

Distinction de l'élongation et de la multiplication des cellules.

La croissance d'une racine est un phénomène complexe résultant de l'action de deux facteurs : multiplication cellulaire d'une part, élongation, étirement longitudinal des cellules ayant cessé de se diviser d'autre part; la part de chacun de ces deux facteurs dans la croissance peut être évaluée à l'aide de la technique suivante (Gautheret [12]) : des repères à l'encre de Chine sont tracés à une même distance du sommet sur plusieurs racines semblables; les racines sont sectionnées à ce niveau au bout de temps variables et coupées longitudinalement; on peut alors compter le nombre des cellules le long d'une file verticale et évaluer par différence le nombre de cellules formées en un temps déterminé.

Expression des résultats de numération des cinèses.

Lorsque l'on a procédé au dénombrement des cinèses dans une préparation déterminée, il est nécessaire, pour éviter des erreurs d'interprétation, de bien tenir compte du mode d'expression des résultats. On peut rapporter ceux-ci à 100 cinèses ou à 100 cellules. Dans le premier cas, les valeurs indiquées expriment les durées relatives des différentes phases. Comme le remarque Dustin [10], « plus une phase dure longtemps, plus elle a de chances de se rencontrer fréquemment dans l'instantané réalisé par la fixation brusque d'un tissu. Inversement, des chiffres peu élevés relatifs à une phase donnée indiquent que cette phase se déroule rapidement ». Ceci ne serait d'ailleurs rigoureusement exact que si l'entrée des cellules en cinèse s'effectuait régulièrement et non par « poussées »; cependant ces poussées mitotiques ne se produisent que dans des limites modérées et il est, d'autre part, possible d'éliminer leur influence dans l'interprétation des résultats, comme nous le verrons plus loin. Ce qu'il est essentiel de souligner ici, c'est que ce mode d'expression n'a qu'une valeur relative : toute variation réelle du nombre d'un des stades mitotiques entraînera nécessairement une variation en sens inverse de la proportion des autres stades, sans que l'on puisse distinguer quelle est la variation réelle et quelles sont les variations apparentes. Ce n'est qu'en tenant compte de l'index mitotique et en exprimant ses résultats par rapport à l'ensemble des cellules, en mitose ou non, que l'on peut déceler une augmentation ou une diminution d'un stade déterminé et les auteurs n'ont pas toujours tenu compte de cette condition.

C'est ainsi, par exemple, que Dustin [10], observant que, sous l'influence de la colchicine, les prophases passent en deux heures de 12 % à 4 % dans une expérience, de 24 % à 4 % dans une autre, conclut à une diminution de plus de 50 % de ce stade; cependant, si, tenant compte de la fréquence des cinèses indiquées par l'auteur pour ces expériences, on rapporte les résultats à l'ensemble des cellules et non aux seules cellules en cinèse, il est facile de calculer que le nombre des prophases est passé en réalité de 7,5 à 14,8 et de 4,8 à 6,4, donc a augmenté et non diminué.

J'emprunterai un autre exemple d'interprétation défectueuse à un travail, par ailleurs fort intéressant, de Patterson [30] consacré à l'action photodynamique du rouge neutre. La conclusion d'une série d'expériences de l'auteur est la suivante : « En général, on peut dire que l'action d'une solution de rouge neutre à 1/75.000 pendant une heure, au soleil, sur le cycle mitotique dans les racines, a principalement porté sur le nombre de cellules entrant en cinèse : il y a eu un déclin initial du pourcentage des prophases, suivi d'une augmentation; celle-ci a probablement été causée par le fait que certaines cellules, qui étaient antérieurement empêchées ou retardées, sont alors entrées en cinèse. La fréquence des prophases a ensuite diminué, indiquant que l'action exercée sur l'interphase était si élevée que, finalement, aucune cellule

ne pouvait plus se diviser. » Considérons, par exemple, la courbe des prophases donnée par l'auteur et reproduite en trait plein sur la figure [2]. Si nous calculons les nombres absolus en rapportant les pourcentages aux « index numbers » que l'auteur donne par ailleurs, nous obtenons une courbe différente (en pointillé sur la figure) présentant un effondrement brusque sans remontée et traduisant une action mitodépressive intense et continue.

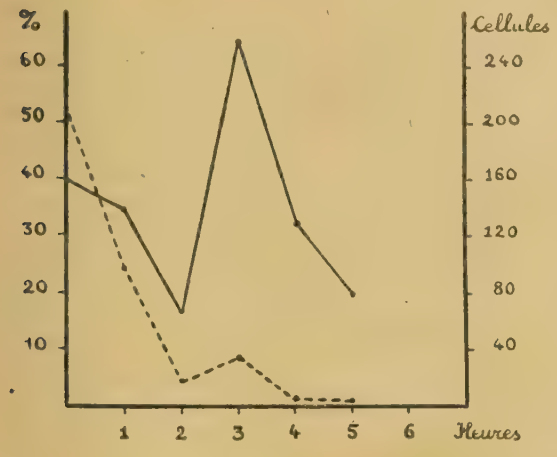


FIG. 2

En trait plein : courbe de l'auteur.
En pointillé : courbe obtenue en tenant compte des « *Index numbers* » de l'auteur.

Von Moellendorff [29] a également exprimé les résultats de ses numérations sur préparations fixées par rapport à cent cinèses, mais il remarque cependant la nécessité de tenir compte du nombre total des mitoses et, en vue des comparaisons, il divise ses préparations en trois groupes d'après ce nombre; il reconnaît d'ailleurs qu'il serait mieux de classer les cultures d'après la valeur de l'index mitotique mais estime que cette détermination serait trop longue à effectuer. Il est vrai que cet auteur compte par ailleurs sur sa méthode des microphotographies en série pour suivre les variations de l'index mitotique; cependant, si cette méthode est excellente pour suivre le déroulement de telle ou telle cinèse en particulier, elle paraît impropre à toute statistique étant donné le petit nombre de cellules observées à la fois (10-15 cinèses en général dans les tissus normaux).

L'idéal me paraît être d'employer simultanément les deux modes d'expression : pour 100 cinèses et pour 1.000 cellules, ce qui permet de connaître à la fois le nombre de chacune des phases et les proportions relatives de celles-ci. Voici un exemple qui montrera le parti que l'on peut tirer de la comparaison des résultats obtenus avec chacun des deux modes d'expression. Dans une expérience, j'ai fait agir sur des racines de bulbe d'*Allium Cepa* L. le chloroforme à demi-saturation pendant une heure puis la colchicine à 0,005 % pendant quarante-huit heures. Des deux racines examinées, l'une présentait pour 1.000 cellules 79 cinèses ainsi réparties : prophases 26, métaphases 23, anaphases 10, et télophases 21, l'autre 53 cinèses dont 18 prophases, 15 métaphases, 6 anaphases et 13 télophases; en exprimant ces résultats par rapport à 100 cinèses, on obtenait au contraire des valeurs très voisines dans les deux cas : 33 % de prophases, 27 % de métaphases, 13 % d'anaphases et 26 % de télophases dans le premier méristème et 35 % de prophases, 28 % de métaphases, 12 % d'anaphases et 24 % de télophases dans le second. Ce n'est que la comparaison des deux séries de résultats entre elles qui permet de déduire que la colchicine a bien agi de la même façon sur les deux racines et que la différence entre elles vient de ce que l'une s'est dégagée un peu plus rapidement que l'autre de l'action mitodépressive exercée par le chloroforme.

Evaluation de l'intensité des troubles observés.

Les conditions auxquelles devra satisfaire une bonne méthode d'étude seront évidemment variables selon l'intensité des phénomènes que l'on cherchera à mettre en évidence. C'est ainsi que Mangenot [26], étudiant l'activité mitotique de racines soumises à une concentration de colchicine exerçant une action stathmocinétisante totale, a pu effectuer chaque numération sur une seule coupe axiale de méristème et obtenir des résultats très démonstratifs; d'autre part, signalant, comme d'autres, la variation des index mitotiques normaux des racines de bulbes d'*Allium Cepa* L., cet auteur a pu ne pas en tenir compte, les variations étant très faibles par rapport à celles observées dans ses expériences.

Si l'on désire au contraire étudier des troubles modérés, et ceux-ci sont extrêmement intéressants pour la compréhension du passage de l'état normal au pathologique, il devient indispensable de pouvoir se référer, pour des comparaisons, à des témoins judicieusement choisis. Cette nécessité conduit à rejeter l'utilisation de graines comme matériel d'étude, car on observe dans la rapidité de germination et de croissance de celles-ci une variation paraissant impossible à éviter. Duhamet [8], travaillant sur des racines de Lupin et de Carotte, estime que : « les variations individuel-

les du développement des racines sont bien connues, aussi, dans les expériences sur la croissance, est-il nécessaire, pour établir des moyennes ayant une réelle valeur, de trier avec le plus grand soin les graines, de ne mettre à germer que des graines ayant sensiblement même taille, de n'ensemencer que les racines provenant de celles qui ont germé avec même vitesse et dont les aspects sont comparables... Enfin, toutes les racines qui, au début de la culture, marquent un retard sur les autres, doivent être éliminées. » Les amples variations observées dans le développement des racines provenant de graines ont également été signalées par Geiger-Huber et Burlet [20] et surtout par Delarge [3, 4, 5] qui a apporté à ce sujet de nombreux documents quantitatifs.

Au contraire, dans la germination d'un bulbe tel que celui d'*Allium Cepa* L., on observe que les premières racines, apparues simultanément, s'accroissent toujours de façon très homogène. L'étude de l'activité cinétique de telles racines a permis de dégager les conclusions suivantes (Deysson [6]).

1. La formule mitotique, c'est-à-dire le pourcentage des différentes phases de cinèse, est sensiblement identique, au même moment, pour toutes les racines d'un même bulbe, quelle que soit la longueur de ces racines.

2. L'index mitotique, par contre, est variable : il diminue constamment à mesure que la racine s'allonge.

3. Pour des racines de même longueur, l'index mitotique est constant.

En conséquence, pour un bulbe déterminé, des racines de même longueur à un moment donné peuvent être considérées comme identiques au point de vue de l'activité cinétique. Il n'en est pas de même lorsque l'on compare entre elles des racines appartenant à des bulbes différents; aussi doit-on, pour des comparaisons précises, conduire les expériences de la façon suivante : un bulbe possédant des racines de deux à trois centimètres est sectionné longitudinalement de façon à fournir deux lots de racines exactement comparables; l'une des moitiés est cultivée sur liquide de Knop dilué au demi et constitue le témoin, l'autre est cultivée sur le même milieu additionné d'une quantité connue de la substance qui fait l'objet de l'expérience. L'allongement quotidien des racines témoins et des racines en expérience est mesuré et l'allongement moyen déterminé; on ne prélève en vue de numération que les racines dont la courbe de croissance est sensiblement identique à la courbe de croissance moyenne. Cette technique a également l'avantage d'éviter l'influence des poussées mitotiques : j'ai pu constater en effet, comme l'avait fait Von Mollendorff avec les cultures de tissus animaux, un synchronisme de ces poussées chez les racines en expérience et les racines témoins de même origine.

IV. — CONCLUSION

Ce qui précède indique que, pour obtenir dans l'étude pharmacodynamique de la division cellulaire des résultats valables, il est nécessaire d'observer de nombreuses précautions. Outre une observation cytologique correcte et minutieuse, il est nécessaire de pratiquer des numérations, permettant de substituer à des impressions, des données quantitatives rigoureuses; pour cela, on devra choisir un matériel d'étude permettant l'obtention de témoins en tous points semblables aux objets en expérience; il faut également prendre soin de déterminer la limite de précision des numérations effectuées afin de ne tenir compte que des variations supérieures à cette limite; il faut enfin bien connaître la signification du mode d'expression des résultats choisis.

Toutes ces conditions étant remplies, une modification, dans des expériences de courte durée, du pourcentage des méta-, ana- ou télophases (exprimé par rapport à l'ensemble des cellules, au repos et en cinèse) sera l'indice d'une action analogue sur la durée de ces phases; une modification du pourcentage des prophases pourra, au contraire, être due, soit à une modification de la durée de cette phase, soit à une modification du nombre des cellules qui sont entrées en cinèse pendant la durée de l'expérience et il faut remarquer ici que ces deux actions différentes peuvent coexister et même se manifester en sens inverse (par exemple, ralentissement des prophases tendant à augmenter leur pourcentage et, simultanément, mitodépression tendant à le diminuer).

Quant aux traitements de longue durée, leur interprétation devra également tenir compte de la répercussion sur les méta-, ana- et télophases, de l'action exercée sur les prophases (un ralentissement des prophases tendra à diminuer pendant un certain temps le nombre des phases ultérieures, une action mitoexcitatrice tendra à augmenter successivement le nombre de toutes les phases etc.). Pour choisir entre les différentes hypothèses possibles pour expliquer les faits observés, on se basera sur la comparaison entre elles des numérations effectuées à des périodes différentes, la comparaison avec les témoins correspondants, la comparaison des actions exercées par des concentrations différentes du

même corps. La comparaison entre eux des résultats exprimés par rapport à l'ensemble des cellules ou seulement par rapport aux cinèses sera également instructive. Enfin, pour lever toute ambiguïté dans l'interprétation des valeurs de l'index mitotique et connaître avec précision l'action exercée sur le rythme des cinèses pendant la durée d'une expérience, il sera nécessaire de pratiquer par ailleurs la numération des cellules sur coupes suivant la technique indiquée.

La méthode, appliquée à l'étude de l'action des substances mitoclasiques, a permis de distinguer plusieurs ordres de troubles n'évoluant pas parallèlement en fonction des concentrations mises en œuvre. Sur ces différences on peut baser une classification des agents mitoclasiques (Deysson) : c'est ainsi par exemple, en ne considérant que les effets les plus importants, que l'action de la colchicine peut être caractérisée par le fait que les seuils de l'action mitoclasique et de l'action tuméfiante se confondent et sont particulièrement éloignés du seuil mitodépresseur. Pour le camphre, au contraire, le seuil de l'action mitoclasique est beaucoup plus voisin du seuil de l'action mitodépressive et le seuil de l'action tuméfiante est particulièrement éloigné des deux précédents, etc. Enfin, il existe parfois des facteurs-limites empêchant l'observation de la totalité des actions : c'est ainsi que pour la caféine et la boldine, l'action mitodépressive prend rapidement le pas sur l'action mitoclasique, empêchant l'observation d'un effet stathmocinétisant dominant.

G. Deysson.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. Bureau (V.) et Vilter (V.). — Action de la colchicine étudiée sur les cellules épithéliales de l'Axolotl. — *C. R. Soc. de biol.*, 1939, *132*, 553-558.

2. Bureau (V.) et Vilter (V.). — La colchicine doit-elle être considérée comme un stimulant de la division cellulaire? — *C. R. Soc. de biol.*, 1939, *132*, 558-562.

3. Delarge (L.). — Cultures de méristèmes radiculaires *in vitro*; leurs variations individuelles et leur signification physiologique. — *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 1938-39, *71*, fasc. 1, 52-88.

4. Delarge (L.). — Cultures de méristèmes radiculaires *in vitro*; les milieux réputés complets et les variations individuelles. — *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 1938-39, *71*, fasc. 2, 145-162.

5. Delarge (L.). — Etude de la croissance et de la ramification des racines *in vitro*. — *Arch. Inst. Bot. Liège*, 1940-45, *17*.

6. Deysson (G.). — Contribution à l'étude du « syndrome mitoclasique ». — *Thèse Doct. Pharm. Etat.*, Paris, 1948.

7. Deysson (G.). — Sur l'effet tropocinétisant des agents mitoclasiques. — *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 1948, *95*, 206-211.

8. Duhamet (L.). — Recherches sur l'action de l'hétéroauxine et de la colchicine sur la croissance de racines isolées de Lupinus albus. — *Rev. de Cytol. et Cytophys. Végét.*, 1945, *8*, 35-75.

9. Dustin (A.-P.). — L'action des arsenicaux et de la colchicine sur la méiose. La stathmocinèse. — *C. R. Ass. Anat.*, 1938, Bâle, 205-211.

10. Dustin (A.-P.). — Recherches sur le mode d'action des poisons stathmocinétiques. Action de la colchicine sur l'utérus de Lapine impubère sensibilisée par injection préalable d'urine de femme enceinte. — *Arch. de Biol.*, 1943, *54*, 111-187.

11. Dustin (A.-P.), Havas (L.) et Lits (F.). — Action de la colchicine sur les divisions cellulaires chez les végétaux. — *C. R. Assoc. Anat.*, 1937, Marseille, 177-180.

12. Gautheret (R.). — Recherches sur la culture des tissus végétaux. Essais de culture de quelques tissus méristématiques. — *Thèse Doct. Sciences nat.*, Paris, 1935.

13. Gautheret (R.). — Une voie nouvelle en biologie végétale : la culture des tissus. — Gallimard, éd., Paris, 1945.

14. Gavaudan (P.). — Etude quantitative de l'action mitoinhibitrice des substances aromatiques : définition et terminologie des effets cytologiques utilisés comme test. — *C. R. Soc. de biol.*, 1943, *137*, 281-282.

15. Gavaudan (P.). — Pharmacodynamie de l'inhibition de la caryocinèse. — *Thèse Doct. Pharm. Etat*, Paris, 1945.

16. Gavaudan (P.). — Remarques sur la classification des anomalies de la caryocinèse et la correspondance entre le degré d'anomalies et les doses actives de substances mitoinhibitrices. — *Recueil Trav. Sc. de la station d'essais du Bouchet* (Trav. de Toxic. et Pharm. cell.), 1945, *1*, 49-53.

17. Gavaudan (P.) et Gavaudan (N.). — Modifications numériques et morphologiques des chromosomes induites, chez les végétaux, par la colchicine. — *C. R. Soc. de biol.*, 1937, *126*, 985.

18. Gavaudan (P.). et Gavaudan (N.). — Mécanisme d'action de la colchicine sur la caryocinèse des végétaux. — *C. R. Soc. de biol.*, 1938, *128*, 714.

19. Gavaudan (P.), Gavaudan (N.) et Pomriaskinski-Kobozieff. — Sur l'influence de la colchicine sur la caryocinèse dans les méristèmes radiculaires d'*Allium Cepa* L. — *C. R. Soc. de biol.*, 1937, *125*, 705.

20. Geiger-Huber (M.) et Burlet (E.). — Ueber den hormonalen Einfluss der β-indolylessigsaüre auf das Wachstum isolierten Wurzeln in keimfreier Organkultur. — *Jahrb. Wiss. Bot.*, 1936, *84*, 233-256.

21. Havas (L.). — Effects of colchicine and of Viscum album preparations upon germination of seeds and growth of seedlings. — *Nature*, 1937, *139*, 371-372.

22. Levan (A.). — The effect of colchicine on root-mitoses in Allium. — *Hereditas*, 1938, *24*, 471-486.

23. Levan (A.). — Cytological phenomena connected with the root-swelling caused by growth-substances. — *Hereditas*, 1939, *25*, 87-96.

24. Mangenot (G.). — Effets de la colchicine sur la mitose dans les racines d'*Allium Cepa* et d'*Hyacinthus orientalis*. — *C. R. Soc. de biol.*, 1938, *128*, 501.

25. Mangenot (G.). — L'action de la colchicine sur les cellules végétales. — *C. R. Ac. Sc.*, 1939, *208*, 222.

26. Mangenot (G.). — Recherches sur l'action des substances mitoclasiques. - I. Action de la colchicine sur

les racines d'*Allium Cepa*. — *Actual. Scientif. et Industr.*, n° 915. Hermann, édit., Paris, 1942.

27. MANGENOT (G.). et CARPENTIER (S.). — Le syndrome mitoclasique. — *C. R. Soc. de biol.*, 1944, *138*, 105-107.

28. MARTIN (G.). — Action de la colchicine sur les tissus de topinambour cultivés *in vitro*. — *C. R. Ac. Sc.*, 1944, *219*, 191-192, et *Rev. Cytol. et Cytophys. végét.*, 1945, *8*, 1-34.

29. MOELLENDORFF (W. Von). — Zur Kenntnis der Mitose. - II. Die Phasenverteilung in der Fibrozytenkultur und deren Abwandlung durch Substanzzusâtze. — *Zeits. f. Zellforsch. u. mikrosk. Anat.*, 1938, *27*, 301-325.

30. PATTERSON (E. K.). — The photodynamic action of neutral red on root tips of barley seedlings. - Part I : The effect on frequency of cell division. — *Amer. J. Bot.*, 1941, *28*, 628-638.

31. RIZET (G.). — Sur l'origine endomitotique de la polyploïdie dans les racines du Cannabis sativa. — *C. R. Soc. de biol.*, 1945, *139*, 300-302.

32. SENTEIN (P.). — Les effets mitoclasiques chez quelques vertébrés. — *C. R. Soc. de biol.*, 1945, *139*, 294-295.

33. VILLARS (R.). — Les études cytologiques sur l'action des rayons X sur les organismes supérieurs. — *Rev. gén. Bot.*, 1947, *54*, 354-384.

34. WITKUS (E. R.). — Endomitotic tapetal cell divisions in Spinacia. — *Amer. J. Bot.*, 1945, *32*, 326-330.

LES LIVRES REÇUS

ANNALES HYDROGRAPHIQUES, 3e Série, Tome XX, 1948.

BINET (Léon). — Regards sur l'organisme vivant (Gallimard, Paris), 430 francs.

BIRKHOFF (Garrett). — Lattice Theory (American Mathematical Society, Colloquium Publication n° 25) $ 6.00.

BOUNOURE (Louis). — L'autonomie de l'Etre vivant. Essai sur les formes organiques et psychologiques de l'activité vitale (Presses Universitaires, Paris), 400 francs.

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL ASSOCIATION OF THE UNIVERSITY OF UPSALA.

DANTCHAKOFF (Vera). — Le Sexe. Rôle de l'Hérédité et des hormones dans sa réalisation. (La Science Vivante, Presses Universitaires, Paris). 480 francs.

DONIS (C.). — Essai d'Economie forestière au Mayumbé. (Public. de l'I.N.E.A.C., Bruxelles.) 70 francs belges.

FEYRAUD (Jean). — La Pomme de Terre. (Collect. « Que sais-je ? », Presses Universitaires, Paris.) 90 francs.

GASTINEL (Pierre). — Précis de Bactériologie Médicale. (Masson et Cie, Paris.) Cartonné, 2.800 francs.

GORIS (Al.), LIOT (A.) et JANOT (M. M.), GORIS (An.). — Pharmacie Galénique. (Masson et Cie, Paris.) Deux vol. reliés, 6.200 francs.

GUENTHER (Ernest). — The Essential Oils, tome II : The constituents of essential oils. (D. Van Nostrand Co., London et New-York.) 55/- et 10 $.

HOMES (Marcel V.). — L'alimentation minérale du Palmier à Huile, Elaeis guineensis Jacq. (Public. de l'I.N.E.A.C., Bruxelles.) 100 francs belges.

HOORE (J. d') et FRIPIAT (J.). — Recherches sur les variations de structure du sol à Yangambi, Congo belge. (Public. de l'I.N.E.A.C., Bruxelles.) 30 francs belges.

JOUAN (R.). — Le Pétrole, roi du monde. (Payot, Paris.) 360 francs.

JOUIN (Dr B. Y.). — La Mort et la Tombe. L'Abandon de la Tombe. Les cérémonies, prières, sacrifices se rapportant à ces très importantes manifestations de la vie des autochtones du Darlac. (Institut d'Ethnologie, Paris.)

LECAT (Maurice). — Tables azéotropiques. Tome I : Azéotropes binaires orthobares. (Chez l'auteur, 29, rue Auguste-Danse, à Uccle-Bruxelles.) 1.000 francs belges.

LECOMTE (Jean). — Le rayonnement infra-rouge. Tome II : La spectrométrie infra-rouge et ses applications physico-chimiques. (Gauthier-Villars, Paris.) 2.500 francs.

LECOMTE (M.). — Etude des qualités et des méthodes de multiplication des nouvelles variétés cotonnières du Congo Belge. (Public. de l'I.N.E.A.C., Bruxelles.) 40 francs belges.

LEIRIS (Michel). — La langue secrète des Dogons de Sanga (Soudan Français). (Institut d'Ethnographie, Paris.)

WENTZEL (Gregor). — Quantum theory of Fields. (Interscience Publischers Inc., New-York.) 6 $.

VIENNENT DE PARAITRE :

J. TRICART. — Cours de Géomorphologie. 1re Partie : Géomorphologie structurale. — Fascicule 1 : Le relief des côtes (« cuestas »), avec travaux pratiques.
Un fasc. polycopié 21 × 27, 136 pages, nombreuses figures. 350 francs.

J. TRICART. — Cours de Géographie humaine. — Fascicule 1 : L'Habitat rural. —
Un fasc. polycopié 21 × 27, 191 pages, nombreuses figures. 400 francs.

CENTRE DE DOCUMENTATION UNIVERSITAIRE, 5, place de la Sorbonne, Paris (5e)
CATALOGUE GENERAL FRANCO SUR DEMANDE

Sur quelques aspects chimiques de la physique nucléaire[1]

par Marcel GUILLOT

Professeur de Physique à la Faculté de Pharmacie de Paris
Pharmacien des Hôpitaux

Il y a longtemps que les théories de l'atome ont pris une forme classique en ce qui concerne la structure *périphérique*, c'est-à-dire l'enveloppe électronique du noyau. Les bases expérimentales, tant physiques que chimiques, du schéma de l'atome devenu classique, et dérivé du modèle primitif de Bohr, constituent un ensemble d'une solidité définitive.

Il en est tout autrement du *noyau* de l'atome, sur lequel nous ne savons pas encore grand-chose et dont nous ne connaissons guère que les caractéristiques *globales* ou les modalités de destruction provoquée ou spontanée. Ces caractéristiques globales sont essentiellement les suivantes :

1° La *masse* du noyau (ou *nombre de masse*), très grande par rapport à la masse des électrons périphériques, au point que celle-ci peut être considérée comme négligeable, et que le nombre de masse peut être regardé comme égal à très peu de chose près à la masse vraie de l'atome entier.

2° La *charge électrique*, qui est égale et de signe contraire à la charge élémentaire de l'électron, multipliée par un nombre entier, qui est le *numéro atomique*, c'est-à-dire le numéro d'ordre de la case occupée par l'élément dans la classification de Mendeleeff, ou encore le *nombre d'électrons* périphériques.

3° Le *spin*, qui est un nombre compris entre 0 et 10, variant par demi-unités, c'est-à-dire pouvant avoir des valeurs telles que 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; etc. Ce « nombre de spin » mesure une grandeur qui peut être assimilée à un moment cinétique de rotation, capable de prendre une valeur une, deux, trois, etc., fois plus grande que la valeur du moment cinétique de rotation de l'électron. Cela revient à dire que toute particule matérielle, y compris les noyaux d'atomes, se comporte comme étant dans un état de rotation perpétuelle, toujours le même, et lié à la nature de la particule. A cette propriété est attachée l'existence d'un moment magnétique.

Sur la *constitution interne* du noyau, nous ne savons encore rien de certain. La première conception qui s'est précisée vers 1925 était celle d'un ensemble de *protons liés à des électrons*. On imaginait que la liaison était très serrée, puisque les expériences de Rutherford, sur les chances de rencontre d'une particule α et d'un noyau d'atome, avaient conduit cet auteur à admettre comme ordre de grandeur du diamètre du noyau la valeur 10^{-13} cm. On pensait qu'un noyau de charge Z et de masse N comprenait N protons unis à N' électrons, N' ayant une valeur telle que $Z = N - N'$. On admettait donc que l'union protons-électrons était du même genre que l'union d'un noyau d'hydrogène avec son électron périphérique, c'est-à-dire qu'elle était de nature *électrostatique*, et que la liaison était simplement *plus serrée* à l'intérieur du noyau que dans l'atome d'hydrogène. On avait bien à résoudre une difficulté qui résidait dans le fait que si l'on attribuait au proton une masse égale à celle de l'atome d'hydrogène, on devait s'attendre à obtenir, pour les nombres de masse des autres atomes, des multiples entiers de la masse du proton (à la correction près des masses des électrons, correction qui est de peu d'importance). Or, les chimistes savaient depuis longtemps que les poids atomiques des éléments, surtout quand le numéro atomique s'élève au-dessus de 20, cessent d'être des nombres entiers. On éludait la difficulté en admettant que les *isotopes* devaient avoir des poids atomiques entiers, et que c'était leur mélange naturel en proportions déterminées qui donnait à un élément un poids atomique non entier. A partir du moment où la spectrographie de masse est entrée dans la pratique, on a pu mesurer avec précision les poids atomiques des isotopes isolés, c'est-à-dire leur nombre de masse, et on a constaté que manifestement ces nombres n'étaient pas entiers et qu'ils étaient toujours *plus petits* que le nombre auquel on s'attendait : il y avait donc évidemment une *perte de masse*.

1. Conférence faite à la Faculté de Pharmacie de Paris, le 5 avril 1949.

La deuxième conception qui a pris corps vers 1930 a été celle d'un noyau constitué par l'*union de protons et de neutrons*. Le neutron était une nouvelle particule, qu'on venait de découvrir, et qui semblait résulter elle-même de l'union intime d'un proton et d'un électron. Il avait une masse voisine de celle du proton, une charge nulle et un spin égal à 1/2, comme le proton et comme l'électron. La nouveauté de cette deuxième conception du noyau venait surtout de la manière dont on se représentait la *cohésion* du noyau due au mode de liaison proton-neutron; le proton ayant une charge positive, et le neutron une charge nulle, il était impossible d'admettre une attraction électrostatique entre les deux particules. C'est la *mécanique ondulatoire* qui a permis de concevoir un autre mode de liaison, dû à l'*énergie d'échange*. Cette théorie conduit à penser que si l'électron constitutif du neutron est capable de quitter celui-ci pour passer sur un proton voisin, puis de revenir de ce proton au neutron précédent, il en résultera un passage alternatif pour chacune des deux particules de l'état proton à l'état neutron, avec *échange* de l'électron simultané, et c'est ce processus qui crée une attraction entre les deux particules protoniques, attraction que la mécanique ondulatoire permet de calculer.

L'examen par les théoriciens des résultats numériques auxquels conduit cette théorie (qui a surtout été développée par les physiciens Heisenberg et Fermi), fait apparaître toutefois une difficulté : c'est que la cohésion *calculée* est très inférieure à la cohésion réelle des noyaux atomiques, laquelle est considérable. La conception s'est, d'autre part, compliquée le jour où l'on a découvert l'*électron positif*, qui avait été prévu par les théoriciens, et qui a même masse, même spin et même charge (au signe près) que l'électron. On pouvait, en effet, concevoir que l'union d'un neutron avec un électron positif, ou positon, donnerait un proton, et l'union entre proton et neutron pouvait alors être envisagée comme résultant de l'échange d'un positon entre deux neutrons. Toutefois, cette manière de voir n'est pas équivalente, au point de vue théorique, à la précédente, et soulève des difficultés. Quoi qu'il en soit, on avait désormais à considérer le noyau comme formé par l'union possible de quatre particules : le proton, le neutron, l'électron et le positon, ce qui déjà constituait une grande complication. Une autre difficulté supplémentaire a résulté de la nécessité de faire intervenir une cinquième particule : le *neutrino*, caractérisé par une masse nulle (ou presque nulle), une charge nulle et un spin égal à 1/2. Ce neutrino a été imaginé pour des raisons théoriques, parce que, sans lui, on ne pouvait pas rendre compte de l'émission β des corps radioactifs. Mais jusqu'ici il n'a pas été possible de mettre en évidence directement son existence.

C'est en 1935 qu'une troisième théorie est née, due à Yukawa, théoricien japonais, qui, pour rendre compte de la grandeur de la cohésion des noyaux réels, a été conduit à imaginer qu'il y avait dans l'interaction proton-neutron échange d'une particule *beaucoup plus lourde* que l'électron. L'électron a une masse au repos 1.840 fois plus petite que celle du proton. La masse de la particule imaginée par Yukawa *devait* être 200 fois plus grande que celle de l'électron, c'est-à-dire approximativement neuf fois plus petite que celle du proton. Cette nouvelle particule a reçu le nom de *méson*. Deux ans plus tard, la particule était mise en évidence expérimentalement dans le rayonnement cosmique. Depuis, elle a été étudiée en grands détails, en particulier tout récemment par une nouvelle méthode photographique [1], qui permet de caractériser les particules de grande énergie par la forme et la longueur de leur trajet dans l'émulsion photographique. On a bien trouvé expérimentalement que le méson peut avoir une masse égale environ à deux cents fois celle de l'électron, mais qu'il existe aussi des mésons deux fois plus lourds, et probablement d'autres quatre fois plus lourds. De plus, il y a des mésons à charge nulle et d'autres à charge positive, de sorte qu'on doit concevoir, à l'heure actuelle, l'existence d'au moins cinq ou six sortes de mésons différents, ce qui fait que le nombre total de particules élémentaires devient considérable. Ces particules font-elles *toutes* partie des noyaux d'atomes? Nous ne le savons pas. Le fait que certains corps radioactifs émettent spontanément des particules α, c'est-à-dire des noyaux d'hélium, de masse quatre fois égale à celle du proton, et de charge égale à + 2, oblige à se demander si ces particules elles-mêmes, ou *hélions*, ne sont pas, elles aussi, des éléments constitutifs du noyau.

Ces incertitudes laissent aux théoriciens assez de liberté pour que dans les nouveaux calculs la cohésion obtenue puisse être en accord avec les propriétés expérimentales du noyau. Il est nécessaire de s'adresser à d'autres phénomènes pour aller plus loin.

Dans le cas de la *structure périphérique de l'atome*, toutes nos connaissances ont été élaborées à partir de données *spectrales*. On sait qu'un atome déterminé est capable d'absorber des quantités d'énergie bien définies, sous forme de quanta de rayonnements, et qu'il est capable d'émettre ensuite des quantités d'énergie également bien définies, l'ensemble des

valeurs numériques de ces *quanta* caractérisant l'atome considéré. Par analogie, c'est cette méthode qui paraît avoir des chances de nous faire avancer dans la connaissance de la structure du noyau.

Or nous savons que lorsqu'on essaie de faire pénétrer un neutron dans un noyau d'atome, la pénétration est très aisée, parce que le neutron ne portant pas de charge n'est pas repoussé par le noyau. Mais nous pourrions nous attendre à ce que la pénétration soit facilitée, ou, en d'autres termes, à ce que les chances de capture soient plus grandes si le neutron a une certaine vitesse, en accord avec la structure interne de l'atome. On dirait, dans ce cas, qu'il y a un effet de résonance. Or on constate que la pénétration a lieu quelle que soit la vitesse du neutron, *à condition qu'elle soit très faible* et de l'ordre des vitesses d'agitation moléculaire (neutrons thermiques). Pour cette raison, Bohr a imaginé, il y a une quinzaine d'années [2], que le noyau fortement activé résultant de la capture du neutron formait un ensemble *homogène*, comparable à une goutte liquide, ensemble qui serait constitué par des particules en état de mouvement et d'échange mutuel continuels; autrement dit, le noyau n'aurait *pas de structure*, au sens où nous l'entendons dans le cas d'une molécule.

Par contre, d'autres phénomènes conduisent à une conclusion inverse : quand un corps radioactif se désintègre en émettant une particule α, la vitesse d'émission de cette particule est une caractéristique du radioélément considéré. Pour un certain nombre de radioéléments, comme par exemple le polonium, il n'y a émission par conséquent que d'*un seul* groupe de particules α, toutes de même énergie, mais certains radioéléments émettent des particules α d'énergie variable que par spectrographie magnétique on peut séparer en un *spectre de raies*, dont chacune a une énergie bien déterminée. C'est Gamow qui a donné l'explication théorique de ce phénomène découvert par le physicien Rosenblum, et qui porte le nom de *structure fine* α. La conception de Gamow est la suivante : tous les atomes du radioélément se désintègrent par α en libérant la *même* quantité d'énergie, mais cette quantité peut être, ou bien communiquée tout entière à la particule α émise, ou bien communiquée en majeure partie à cette particule α, le reste servant à *activer* le noyau après sa désintégration. Ce noyau va ultérieurement revenir à l'état normal, ou état *fondamental*, en émettant toute l'énergie qu'il avait emmagasinée, sous forme d'un quantum de rayonnement γ, et ce rayonnement γ aura une fréquence ν telle que la formule fondamentale $W\alpha_0 - W\alpha_1 = h\nu$ soit toujours respectée, $W\alpha_0$ étant l'énergie du groupe principal, et $W\alpha_1$ l'énergie de la raie de structure fine (particule α émise avec activation du noyau). Certains radioéléments possèdent un spectre α comprenant un grand nombre de raies (15 à 20, par exemple). Cela signifie que le noyau du successeur radioactif est capable de prendre *plusieurs états d'activation différents bien définis*, exactement comme feraient une molécule ou la partie périphérique d'un atome dans les phénomènes classiques d'émission et d'absorption de rayonnements ultra-violets, visible, ou infra-rouge. Les divers états d'activation caractéristiques du noyau considéré sont résumés dans son « schéma de niveaux ». Ces phénomènes, et d'autres phénomènes apparentés, conduisent à penser que, contrairement à l'hypothèse de Bohr, le noyau se comporte, au moins pour les *petites* activations, à peu près comme une grosse molécule organique. Cela signifie-t-il qu'il existe à l'intérieur du noyau des assemblages différenciés de particules, comparables à des groupements fonctionnels dans une molécule organique? [3] C'est une manière de voir qui paraîtrait difficile à admettre pour des raisons théoriques si ces structures avaient une existence statique, mais elles peuvent peut-être exister, soit d'une façon *statistique*, soit à la manière dont on conçoit l'existence de différentes formes limites d'une molécule *mésomérique*.

On peut enfin penser que, quand le noyau d'atome se désintègre ou, mieux, quand il subit une sorte d'explosion, les particules qu'il libère peuvent n'être pas des constituants *préalables* réels, c'est-à-dire qu'ils pourraient se former *au moment de la rupture* par réarrangement des éléments constitutifs. Dans certaines des dernières expériences du physicien anglais Powell [1], on voit en effet un rayon cosmique frapper un atome, et le noyau de cet atome exploser en émettant un véritable feu d'artifice de particules très différentes les unes des autres : des protons, des mésons, et des particules très lourdes qui ne peuvent être que des noyaux d'atomes plus légers (mais certainement plus volumineux que de simples particules α).

On voit donc que nos idées actuelles sur l'architecture du noyau d'atome sont aussi grossières que les idées qu'on pouvait avoir d'une molécule organique de grande dimension, telle qu'une molécule de protéïne, vers la fin du XVIII[e] siècle.

Un point particulièrement important est de savoir s'il est possible que deux noyaux d'atomes soient *identiques par leur masse, par leur charge et par leur spin*, c'est-à-dire par chacune de leurs trois caractéristiques globales,

et qu'ils aient cependant des *propriétés radioactives différentes*. On a beaucoup discuté sur un certain nombre de cas particuliers; on a admis finalement que ce cas pouvait se réaliser, et qu'on a alors affaire à deux *isomères nucléaires*, qui se désintègrent par β, l'un avec une certaine période et l'autre avec une autre période. Il semble que l'une des formes puisse se transformer en l'autre par émission d'un quantum γ, de sorte qu'on peut concevoir le noyau isomère comme un noyau activé d'une stabilité anormalement grande. Quoi qu'il en soit, cette conception précise le rapprochement entre les propriétés du noyau et les propriétés de la molécule. Il n'est pas interdit de penser que les deux isomères nucléaires ont des structures internes différentes, comme des isomères moléculaires.

Toutes ces notions nouvelles nous permettent de préciser beaucoup le concept d'*isotopie*. Historiquement, l'isotopie a été découverte par les méthodes de la radioactivité : en isolant par des procédés chimiques tous les radioéléments d'une famille, et en s'efforçant ensuite de les répartir, d'après leurs propriétés chimiques, chacun à sa place dans le tableau de Mendeleeff, on s'était aperçu que plusieurs d'entre eux venaient se ranger dans la *même* case, parce qu'ils étaient identiques dans leurs propriétés *chimiques*, alors qu'ils différaient par leur propriétés *radioactives*. Cette conception avait trouvé son couronnement dans la détermination du poids atomique macroscopique du plomb provenant des différentes familles radioactives; ces plombs avaient des poids atomiques différents suivant leur origine. Plus tard, la spectrographie de masse a permis de déterminer avec précision le nombre de masse de chacun des isotopes d'un élément, et la notion d'isotopie a été étendue aux corps non radioactifs. Dans le cas de l'hydrogène, en raison de la très grande différence des masses des isotopes I et II, la séparation par les méthodes physiques de deux isotopes a même été possible.

L'aspect moderne de la notion d'isotopie est lié à la possibilité de *passage* d'un isotope à un autre, par absorption ou émission d'un neutron. Nous avons rappelé plus haut que les neutrons sont facilement absorbés par les noyaux d'atomes; chaque fois qu'une telle absorption a lieu, on passe d'un isotope à son homologue immédiatement supérieur. Mais c'est ici qu'intervient le curieux phénomène de *réduction de masse*. La masse de l'isotope formé est *plus petite* que la somme des masses du neutron et du noyau primitif. Comme il ne peut pas y avoir diminution de masse sans libération d'énergie, suivant la formule d'Einstein : $W = mc_2$, la réduction de masse de l'isotope formé libère une quantité d'énergie qui sert à *activer* le nouveau noyau, lequel se désactive ensuite en émettant, sous forme de rayonnement γ, l'énergie emmagasinée. Il y a donc au total, non plus conservation de la masse, mais *conservation de la masse et de l'énergie*.

Plus un noyau subit une réduction de masse importante plus sa *stabilité* augmente. Il suffit d'examiner la table des poids atomiques vrais, c'est-à-dire la table des nombres de masse qui correspondent aux isotopes individuels, pour se rendre compte de la manière dont se produit cette réduction de masse : elle est faible pour les éléments légers, elle atteint son maximum au milieu de la table de Mendeleeff, puis elle diminue légèrement pour les éléments très lourds. Elle est donc une fonction complexe du numéro atomique Z. Si l'on considère un seul élément, il lui correspond des isotopes *stables* qui sont ceux qu'on rencontre dans la nature, et dont le mélange en proportions déterminées et invariables constitue « l'élément chimique ». De plus, il peut exister en général des isotopes *instables* du même élément, les uns plus légers que les isotopes stables, les autres plus lourds. Ce sont ces isotopes instables qui constituent les *radioéléments artificiels*, ou *radioisotopes* correspondant à l'élément considéré. Ils se désintègrent en émettant des électrons ($\beta-$) pour les plus lourds, et des positions ($\beta+$) pour les plus légers. La désintégration par émission de rayonnement α reste une exception dans le cas des *radioéléments artificiels*; elle est, au contraire, très fréquente chez les *radioéléments naturels*, c'est-à-dire les radioéléments de la fin de la classification périodique ($Z > 81$). Les travaux récents montrent même que tout radioélément naturel se désintègre, *soit* par α, *soit* par β, et que le pourcentage d'émission α par rapport à l'ensemble est une *caractéristique* du radioélément, au même titre que sa période. En général, l'élément se désintègre *presque uniquement* par β ou *presque uniquement* par α. On ne connaît guère qu'un ou deux exemples de cas où la désintégration se produit en proportion à peu près équivalentes pour les deux rayonnements. Dans tous ces cas de double émission, il faut cependant admettre qu'il existe *un seul* radioélément (avec une seule structure nucléaire) qui peut se désintégrer spontanément, *soit* d'une manière, *soit* de l'autre, exactement comme une molécule de structure déterminée peut, dans certaines conditions, se scinder en plusieurs autres, soit suivant un schéma, soit suivant un autre (par exemple dans le cracking). Les chimistes s'étaient habitués à l'idée que la composition isotopique d'un élément était absolument invariable

Comme on le voit, il est plus correct de dire qu'en pratique, dans la nature, cette composition est toujours la même, mais que, si la radioactivité intervient, cette composition *peut* changer.

On a donné le nom de *chimie nucléaire* à la science expérimentale des transmutations. Le procédé à utiliser pour provoquer ces transmutations est le bombardement d'un isotope convenablement choisi (la *cible*) par un *projectile* déterminé d'énergie connue. On note la réaction de transmutation en inscrivant d'abord le symbole de l'isotope bombardé avec mention de son numéro atomique et de son nombre de masse, puis on indique le symbole de la particule bombardante, ensuite le symbole de la particule émise *au moment* du choc (s'il y en a une), et enfin le symbole de l'isotope formé. Par exemple, on écrira :

$$^{127}_{55}\mathrm{I}\left(\mathrm{n},\gamma\right)^{128}_{55}\mathrm{I}^{*}$$

pour indiquer qu'en bombardant par neutron l'iode ordinaire, on obtient avec émission γ un radioisotope de masse 128, qui est un radioiode. Ce radioiode se désintégrera par β^-, mais ce mode de désintégration ne figure pas dans l'équation symbolique de la réaction.

Une réaction nucléaire est possible, ou ne l'est pas, suivant la grandeur de l'*énergie* communiquée à la particule incidente. Les procédés employés pour lancer les particules sont multiples, mais le plus connu est celui qui utilise le cyclotron, instrument dans lequel une particule électrisée est soumise à des champs électriques qui l'accélèrent, en même temps qu'à des champs magnétiques qui la courbent, de manière qu'elle puisse acquérir une vitesse de plus en plus grande en décrivant dans l'appareil une courbe en forme de spirale.

Le résultat de telles réactions nucléaires peut être la formation :

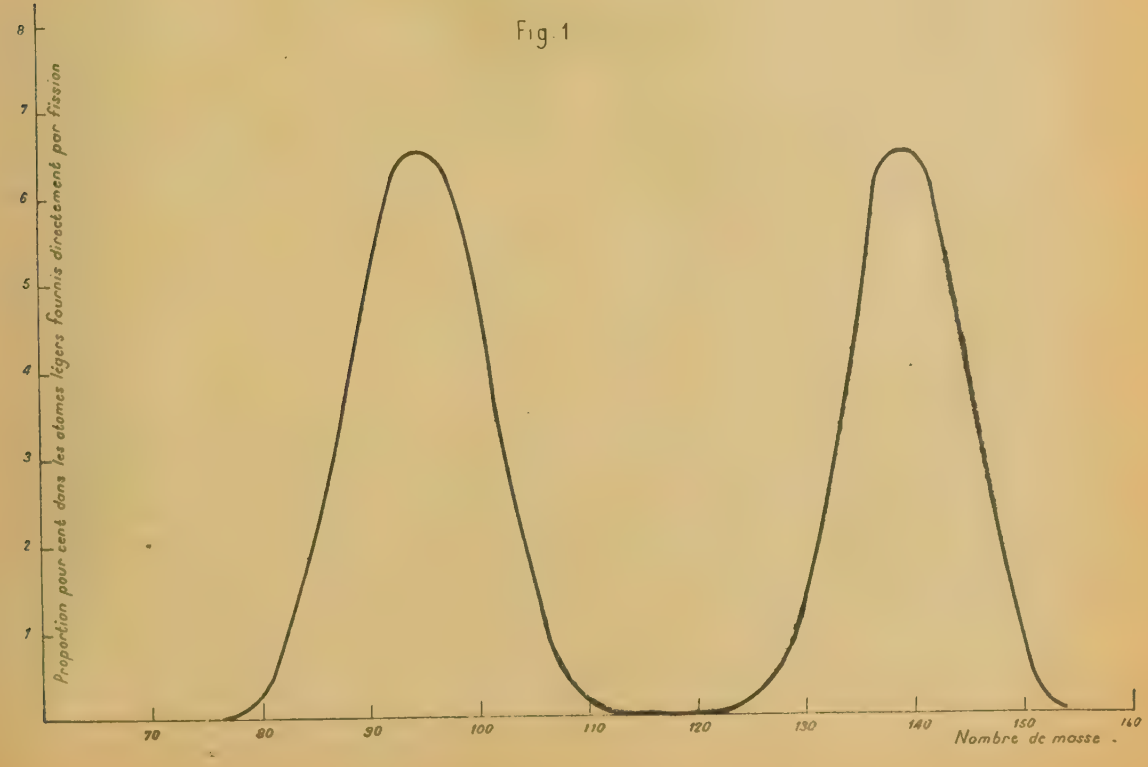
a) D'un *isotope stable* dans son état fondamental; il n'y a alors naturellement aucune émission ultérieure.

b) D'un isotope stable dans un état *excité*; il y a alors émission ultérieure γ pour revenir à l'état fondamental.

c) D'un *radioisotope* susceptible de se désintégrer par β^* ou β^-, ou encore par α et β.

d) D'un isotope plus instable qu'un radioisotope ordinaire et susceptible de se couper en deux morceaux de dimension peu différente, pour former deux éléments légers. C'est alors le phénomène de la *fission*, ou bipartition, qui a donné naissance à l'Energie atomique.

Fig. 1



Historiquement, ce phénomène de fission a été découvert quand on a bombardé l'uranium avec des neutrons lents. On pensait obtenir un radioisotope instable émetteur $\beta-$, qui en se désintégrant se serait transformé, suivant les lois ordinaires de la radioactivité, en un corps ayant même nombre de masse et un numéro atomique augmenté d'une unité, c'est-à-dire qu'on serait passé du corps $Z = 92$ au corps $Z = 93$, qui n'existe pas dans la table de Mendeleeff, et qui aurait été un corps simple nouveau, plus lourd que tous ceux qu'on connaissait.

L'expérience, en réalité, donna un résultat très confus, parce qu'il semblait qu'au lieu d'obtenir un nouveau radioélément, on obtenait un *mélange* très complexe de nombreux corps radioactifs différents. On a d'abord cru avoir formé simplement le chef de file d'une nouvelle famille radioactive, celle des *transuraniens*. Mais, très vite, on s'aperçut que certains des radioéléments formés avaient les propriétés du lanthane ou d'autres corps du *milieu* de la table de Mendeleeff. C'est Hahn qui, le premier, a compris la nature de la réaction : l'atome d'uranium frappé s'était *coupé en deux* et chacune des moitiés constituait un chef de file d'une famille radioactive d'éléments légers.

Le phénomène a, depuis, été étudié dans tous ses détails. On sait aujourd'hui que les différents isotopes de l'uranium se comportent différemment. C'est l'isotope de masse 235 qui est le plus sensible au rayonnement neutronique. Frappé par un neutron, son noyau explose, et l'explosion *peut* se produire de plusieurs manières [4]. La figure I représente la *probabilité* de formation des différents éléments à partir de l'uranium 235 en fonction de leur nombre de masse. On voit que la courbe représentative présente deux maximum : l'un qui correspond à une masse d'environ 95, l'autre a une masse d'environ 138; entre les deux, la courbe tombe presque à 0 pour une masse d'environ 115, mais chacune des courbes en cloche qui correspondent aux deux maxima est assez large. Il se forme surtout des éléments dont le nombre de masse est compris entre 80 et 110 d'une part, entre 125 et 155 d'autre part. C'est dire que presque tous les éléments du milieu de la classification de Mendeleeff peuvent être engendrés par la fission, *initialement*. Ensuite, chacun d'eux va se désintégrer en produisant *d'autres* radioisotopes, car il est le chef de file d'une *famille*. On pourra, par exemple, avoir :

$$^{133}_{51}Sb \xrightarrow{\beta^-} {}^{133}_{52}Te \xrightarrow{\beta^-} {}^{133}_{53}I \xrightarrow{\beta^-} {}^{133}_{54}Xe \xrightarrow{\beta^-} {}^{133}_{55}Cs$$

(10 s.) (60 s.) (22 h.)

en partant d'un antimoine formé par fission, de masse 133, et dont la période est de 10 minutes.

Il est important d'insister ici sur un point qui a été quelquefois mal compris du grand public. Quand on dit que le noyau d'atome recèle des quantités prodigieuses d'énergie, on a tendance à croire que si le noyau se résolvait en particules aussi petites que possible, c'est-à-dire en protons et en neutrons, la quantité d'énergie libérée serait maximum. Ce que nous avons dit plus haut de la réduction de masse montre que cette notion serait *tout à fait fausse*. C'est seulement quand un très grand noyau, comme celui de l'uranium, se scinde en deux noyaux du *milieu de la table de Mendeleeff* qu'il y a libération d'énergie, mais si l'on voulait obtenir des éléments plus légers, la quantité d'énergie libérée serait plus faible ou nulle. A la limite, supposons qu'on veuille transformer un atome d'hélium en quatre protons et deux électrons, l'énergie à mettre en jeu *devrait être fournie à l'hélium*. En effet, la masse de l'atome d'hydrogène est 1,008, et la masse de l'atome d'hélium, résultant de la condensation de quatre noyaux d'hydrogène avec deux électrons, est 4.000. Il y a eu par conséquent réduction de masse, donc mise en liberté d'énergie au moment de la *formation* de l'hélium. Si l'on repassait en sens inverse de l'hélium à l'hydrogène, il faudrait *fournir* la même quantité d'énergie. Il en serait de même pour tous les éléments légers. On ne peut donc concevoir la destruction complète des noyaux d'atomes par un procédé *spontané* tel que celui qui est mis en œuvre après l'explosion de l'uranium, et c'est seulement à une température très élevée, de l'ordre par exemple de 20.000°C, qu'on peut imaginer une agitation moléculaire assez grande pour que les atomes soient animés d'une vitesse telle qu'en se heurtant les uns les autres ils apportent avec eux une quantité d'énergie assez grande pour permettre des réactions nucléaires endothermiques.

Ainsi, le phénomène de la fission doit être schématisé de la manière suivante : un atome d'uranium 235 est frappé par un neutron *lent*. Il se produit un uranium 236 instable qui se coupe en deux, et les deux éléments légers formés sont radioactifs. En même temps plusieurs neutrons *rapides* sont libérés. En même temps également, une grande quantité d'énergie est émise sous forme de rayonnement γ, qui peut lui-même se dégrader en chaleur. Les neutrons rapides formés n'ont pas le pouvoir de frapper un autre atome d'uranium pour déclencher une nouvelle fission. Pour qu'ils acquièrent ce pouvoir, il faut qu'ils aient perdu leur énergie. On va les *ralentir*, par exem-

ple, en leur faisant traverser une atmosphère d'hydrogène : les neutrons vont alors rebondir sur les atomes d'hydrogène, et comme les masses des deux particules (noyau d'hydrogène et neutron) sont voisines, il y aura partage équitable de l'énergie entre les deux, et l'énergie du neutron se trouvera, au bout de quelque chocs, communiquée presque tout entière aux noyaux d'hydrogène rencontrés (phénomène des boules de billard). En réalité, l'hydrogène n'est pas le meilleur corps ralentisseur, parce que les *chances de capture* du neutron par $^{1}_{1}$H sont assez grandes : il se forme alors $^{2}_{1}$H, ou deutérium. On obtient de meilleurs résultats en utilisant précisément comme ralentisseur ce deutérium (hydrogène lourd), qui ralentit presque aussi vite les neutrons mais ne les absorbe pas.

En rassemblant dans un espace restreint une masse suffisante d'uranium *et* de corps ralentisseur, on rend *contagieuse* la réaction de fission : après une première explosion atomique, les neutrons formés sont ralentis, frappent de nouveaux atomes d'uranium qui explosent à leur tour, et ainsi de suite jusqu'à destruction de tout l'uranium. C'est le principe de la bombe atomique, mais l'expérience montre que l'explosion n'a lieu qu'à condition d'avoir utilisé une masse d'uranium plus grande qu'une certaine *masse critique*. Si la masse est inférieure, la proportion de neutrons qui s'échappe au dehors est trop grande pour que la réaction en chaîne s'amorce.

En même temps qu'il y a fission, il peut y avoir aussi formation, par le procédé normal, d'un atome nouveau qui est simplement radioactif, et qui peut être chef de file d'une nouvelle famille. C'est ainsi qu'on a, en particulier, la suite des réactions :

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \xrightarrow{\beta^-} ^{239}_{92}U \xrightarrow{\beta^-} ^{239}_{93}Np \xrightarrow{\beta^-} ^{239}_{94}Pu \xrightarrow{\alpha} ^{235}_{92}U$$

($4{,}5.10^9$ années) (naturel) — (23 m.) — (2,3 j.) — ($2{,}4.10^4$ années) — (8.10^8 années) (naturel)

Plusieurs des corps formés sont des *éléments nouveaux*, comme le *neptunium*, le *plutonium*, l'*américium* et le *curium*. De chacun de ces quatre éléments nouveaux on a préparé plusieurs isotopes, et on a pu faire une étude chimique complète de ces nouveaux corps. Cette étude chimique a d'ailleurs réservé de grandes surprises. On pouvait s'attendre à voir dans ces corps nouveaux des homologues des métaux de la mine du platine. Or ils se ressemblent entre eux beaucoup plus que ne l'aurait fait prévoir cette hypothèse. On a même, à un moment donné, proposé de les regarder comme constituant un nouveau groupe de « terres rares », c'est-à-dire qu'on pensait qu'ils avaient tous même valence et mêmes propriétés chimiques. Ce groupe de « terres rares » avait même été étendu par certains chimistes jusqu'à l'actinium, et tous les corps de numéro atomique supérieur à 89 avaient été classés dans un groupe hors tableau de Mendeleef, auquel on donnait le nom d'*Actinides*. Il semble qu'on doive abandonner ces conceptions. Le plutonium ressemble beaucoup au polonium. Il diffère beaucoup de l'uranium. C'est surtout lui qui a fait l'objet d'études chimiques très approfondies.

Les recherches récentes sur la radioactivité ont permis également de combler les vides qui subsistaient dans la table de Mendeleeff : par exemple, la case 85 dont l'élément a reçu le nom d'*astate* et qui contient, à l'heure actuelle, dix isotopes actifs. La case 87 est occupée par le *francium*, dont le premier représentant a été découvert en France par Mlle Perey, et qui comprend maintenant cinq isotopes actifs.

On voit que même la chimie minérale classique a été enrichie notablement par les recherches de physique nucléaire, puisque c'est à cette dernière qu'on est redevable de l'achèvement du tableau de Mendeleeff, et même de son prolongement. L'uranium n'est plus l'atome le plus lourd *pouvant exister* dans la nature. Tout permet même de penser que des *traces* des éléments plus lourds nouveaux existent isolés à l'état naturel, formés avec l'aide du rayonnement cosmique, à partir de l'uranium.

M. Guillot.
1949.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. C. F. Powell et G. P. S. Occhialini. — *Nuclear physics in photographs*. Oxford, Clarendon Press, 1947.

2. N. Bohr. — *Nature*, *137* (1936) pp. 344, 351.

3. S. Rosenblum et M. Guillot. — *Comptes rendus Ac. Sc.*, *204* (1937) p. 1727 ; Réunion internationale du Congrès du Palais de la Découverte (Paris 1937). *Fascicule II Physique nucléaire*. Paris, Hermann, 1938, p. 122

4. Nuclei formed in fission. Issued by the Plutonium project (anonyme) *J. Am. Chem. Soc. 68* (1946) p. 2411.

Sur les conditions d'emploi actuel des radioisotopes dans la recherche chimique et biologique (1)

par M. GUILLOT

Professeur à la Faculté de Pharmacie de Paris
Pharmacien des Hôpitaux

Les recherches pratiquées à l'aide de radioisotopes se sont développées dans toutes les branches de la science expérimentale, depuis la physique pure jusqu'à la biologie dans ses applications les plus lointaines (agriculture, médecine, etc...)[1]. La majeure partie de ces travaux a été effectuée aux Etats-Unis, en raison de la plus grande facilité d'obtention des radioisotopes, et en raison aussi de plus grandes commodités générales du travail scientifique, dans ce pays, au cours des dix dernières années.

Il n'est pas sans intérêt de faire aujourd'hui le point des possibilités qui sont offertes, dans ce domaine, aux chercheurs français, en 1949.

Nous examinerons d'abord quelles sont les méthodes de travail accessibles même à un travailleur non spécialisé en radioactivité, quels sont les procédés d'obtention des radioisotopes, et enfin quels sont les moyens pratiques de s'en procurer en vue de recherches scientifiques.

I. — METHODES DE TRAVAIL

L'étude des radioisotopes se ramène toujours à l'étude de leur *rayonnement*. Pour la presque totalité d'entre eux, ce rayonnement est un rayonnement β, c'est-à-dire un rayonnement composé, soit d'électrons négatifs ordinaires, soit d'électrons positifs, ou positons, les deux types du rayonnement ayant les mêmes propriétés pratiques. Dans les deux cas, le rayonnement peut traverser une épaisseur de matière de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre à un millimètre. La loi d'absorption en fonction de l'épaisseur, au moins dans un certain intervalle, peut être considérée comme exponentielle. Le radioisotope peut donc être caractérisé par le pouvoir pénétrant de son rayonnement β. Sans entrer dans le détail, nous pouvons dire simplement que de l'étude d'une *courbe d'absorption* dans un produit homogène comme l'aluminium; on peut déduire un *coefficient d'absorption* et une *limite d'énergie* qui se relient à ce pouvoir pénétrant, et sont caractéristiques du radioisotope.

Tout radioisotope est, d'autre part, caractérisé aussi par sa *période*, c'est-à-dire par le temps nécessaire pour que la moitié des atomes présents dans un échantillon se soit désintégrée.

Pour *identifier* un radioisotope, en dehors de la vérification de ses propriétés chimiques, on pourra donc utiliser la courbe de décroissance de son rayonnement en fonction du temps, mesurée dans des conditions invariables, courbe de décroissance (exponentielle) dont on tirera la période.

Si N_0 est le nombre d'atomes du radioisotope existant à l'instant O, et N le nombre d'atomes non encore détruits à l'instant t, on a :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

e = base des logarithmes népériens.

λ = *constante* caractéristique du radioisotope.

La *période* a pour expression :

$$T = \frac{\log_e \frac{1}{2}}{\lambda} = \frac{0{,}693}{\lambda}$$

La *vie moyenne* est :

$$\theta = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0{,}693} = 1{,}45\ T$$

On identifie quelquefois aussi le radioisotope par l'indication de la *masse superficielle* d'aluminium (masse par centimètre carré d'un écran absorbant) *qui réduit l'intensité du rayonnement de moitié.*

Pour *doser* le même radioisotope, on pourra compter le nombre d'électrons émis pendant une seconde dans un angle solide déterminé.

Toutes ces mesures se ramènent à la mesure du rayonnement électronique lui-même, c'est-à-dire au *comptage* des électrons émis.

(1) Conférence faite à la Faculté de Pharmacie de Paris, le 7 avril 1949.

Autrefois, on mesurait le rayonnement par son effet ionisant global sur une certaine masse d'air emprisonné dans une chambre d'ionisation. Le nombre d'ions formés par centimètre cube et par seconde était pris comme mesure de l'intensité du rayonnement. Cette méthode est moins utilisée qu'autrefois, mais elle reste d'un emploi très pratique chaque fois que la quantité de radioisotope en expérience est assez grande. Il est, par exemple, très commode d'utiliser un simple électroscope à feuille d'or pour mesurer le rayonnement émis par un radioisotope quelconque. S'il est en solution, il suffira d'évaporer à sec une goutte de cette solution sur une lamelle couvre-objet de microscope (après que la goutte aura été calibrée ou pesée). La lame est portée ensuite dans la chambre d'ionisation de l'électroscope, et la mesure de la vitesse de chute, en divisions par seconde, est directement proportionnelle à la quantité de radioisotope. Bien entendu, quand on passera d'un radioisotope à l'autre, la même vitesse de chute ne correspondra pas au même nombre d'électrons β émis par seconde, puisque le procédé d'ionisation mesure l'énergie totale du rayonnement, et qu'un électron très rapide (ou très pénétrant) a un effet plus grand qu'un électron lent de faible énergie. Les mesures à l'électroscope seront donc toujours faites par rapport à une solution étalon *du* radioisotope utilisé.

Quand les quantités sont faibles, on ne peut plus utiliser que le compteur de Geiger et Muller, qui permettra une numération exacte de tous les électrons émis. Ce compteur peut être de deux types, suivant la nature du rayonnement à étudier.

Pour les corps à rayonnement β *très mou* (très peu pénétrant), qui sont toujours des corps à période très longue comme le ^{14}C, par exemple, on est obligé d'utiliser des compteurs de grandes dimensions (compteurs à cloche), à parois très minces. La paroi de ces compteurs est constituée en général par une feuille de mica de très faible épaisseur, supportée par une grille métallique. A l'intérieur du compteur se trouve une vapeur organique convenable (acétone, alcool, etc...) sous pression réduite. Au milieu de la cavité cylindrique interne du compteur est une électrode centrale isolée, reliée à un amplificateur. On peut établir une différence de potentiel réglable entre l'électrode isolée et la paroi. Quand un électron entre dans le compteur, il déclenche une petite décharge instantanée, c'est-à-dire qu'un courant très bref passe de la paroi à l'électrode, courant qui sera amplifié ensuite. Pour qu'un compteur donne de bons résultats, il faut qu'après cette décharge il revienne dans un temps très court à son état initial, de manière que si un nouvel électron pénètre dans le compteur, une nouvelle décharge puisse se produire sans qu'elle interfère avec la précédente. Les meilleurs appareils peuvent déceler de cette façon quelques milliers d'électrons par minute. Le plus difficile est ensuite de disposer d'un amplificateur extérieur qui puisse transformer chaque très petit courant de décharge en un courant d'intensité suffisante pour actionner un appareil enregistreur. On emploie presque toujours un numérateur automatique du même type que ceux qui sont utilisés dans les compteurs téléphoniques. Cet appareil, dont le fonctionnement est *mécanique*, ne peut naturellement pas suivre la cadence de comptage indiquée plus haut. On y remédie en disposant entre les deux instruments, compteur et numérateur, une *échelle* qui va permettre, avec le courant amplifié, d'allumer d'abord une lampe-signal quand le premier électron interviendra, puis une seconde quand deux électrons auront été détectés, puis une troisième, etc..., ainsi de suite jusqu'à dix lampes, et c'est seulement au moment où la dixième lampe s'allumera (dixième électron détecté) que le numérateur avancera d'*une* unité. Avec un tel appareil, qu'on désigne sous le nom d'amplificateur à échelle de dix, on comptera au bout d'une minute le nombre de *dizaines* d'électrons enregistré sur le numérateur, et le nombre d'*unités* sur les lampes. L'appareil est mis en route ou arrêté quand on le désire, à l'aide d'interrupteurs.

Dans la réalité, cet ensemble ne donne d'indications exactes qu'à deux conditions :

1° Il faut que la tension, ou différence de potentiel, appliquée au compteur soit comprise dans un intervalle bien déterminé, qui correspond au *palier* du compteur. On commencera donc, avant une série de mesures, par appliquer au compteur des tensions connues, de valeur croissante, et on construira une courbe en portant en abscisse la tension, et en ordonnée le nombre de coups comptés par minute, en présence d'une source de rayons β étalon, disposée dans des conditions géométriques bien repérées. On verra ce nombre partir de 0 pour les faibles valeurs de la tension, puis monter rapidement, se stabiliser à une valeur *presque constante* dans un certain intervalle de tension, et au delà monter très vite. Cette dernière partie de la courbe correspond à des décharges continues dans le compteur. On dit que l'appareil s'emballe, et il est rapidement mis hors d'usage si l'on maintient une tension de cet ordre.

L'appareil n'est parfait qui si le palier est

tout à fait horizontal, c'est-à-dire si dans l'intervalle convenable de tension le nombre de coups comptés est *indépendant* de cette tension. C'est là une caractéristique idéale, qui n'est jamais *tout à fait* réalisée d'une manière satisfaisante.

La deuxième difficulté vient de ce que le compteur n'est pas sensible uniquement aux électrons. Les *photons* lumineux ont une action (par effet photoélectrique, vraisemblablement). Le *rayonnement cosmique* a également une action (qui correspond pour un compteur normal à 20 ou 30 coups par minute). Enfin, les rayons α, ou le rayonnement γ agissent également et peuvent être très gênants dans un laboratoire de physique.

On voit donc que toute mesure devra être précédée, et, autant que possible, suivie, d'une détermination du palier du compteur en présence de la source étalon, et, en l'absence de source, d'un comptage soigné du *mouvement propre* correspondant au rayonnement cosmique. On devra évidemment retrancher des nombres trouvés ensuite, le nombre de coups par minute attribuable à ce rayonnement cosmique. Si l'on ajoute que l'appareil producteur de tension doit fournir une différence de potentiel très *stable*, variable à volonté, progressivement, de 400 volts à 1.500, on comprendra que les chances d'incidents techniques gênant les mesures sont très grandes, surtout si l'on utilise un montage qui n'est pas entièrement constitué d'organes robustes parfaitement connectés, isolés, etc...

Les compteurs, numérateurs et appareils de haute tension fournis par l'industrie américaine sont encore, à l'heure actuelle, ceux qui offrent le plus de sécurité à cet égard, mais tous les modèles de compteurs restent particulièrement fragiles, et il est nécessaire d'en posséder toujours un certain nombre en provision à l'avance.

Dans le cas où l'on a à étudier un rayonnement *plus pénétrant*, comme par exemple celui du radiophosphore — ce qui d'ailleurs est le cas général — on utilise des compteurs de dimensions plus restreintes, par exemple $15 \times 15 \times 60$ mm., dont la paroi est moins mince et plus résistante, et qui se détériorent moins facilement. Les mesures en sont rendues relativement plus aisées. La tension à appliquer est un peu plus basse que la précédente, de l'ordre par exemple de 1.000 volts, au lieu de 14 ou 1.500. Néanmoins, la technique des mesures reste la même : nécessité de vérifier le fonctionnement de l'appareil de tension et du numérateur, nécessité d'établir le palier du compteur avant chaque mesure, nécessité de mesure du mouvement propre attribuable au rayonnement cosmique ; enfin, nécessité de mesure du rayonnement invariable d'un étalon, constitué, par exemple, par de l'oxyde noir d'urane enveloppé dans un sachet de cellophane, sous une forme bien invariable, aux points de vue mécanique et géométrique.

Les autres difficultés inhérentes aux mesures ne sont pas liées à l'*appareil* utilisé, mais à l'*échantillon* qu'on veut mesurer. En effet, nous avons vu que le rayonnement β était peu pénétrant. Si l'on désire doser un radioisotope dans une masse quelconque de matière, il faudra, pour que les conditions soient les meilleures, *extraire* le radioisotope en totalité de l'échantillon considéré, puis le rassembler à la surface d'un support métallique, par exemple une feuille d'aluminium, support sur lequel le produit sera étalé en couche assez mince pour que son absorption soit négligeable (un centième de millimètre au maximum, par exemple). Dans ces conditions, on pourra admettre que *la moitié* des électrons émis s'échappera dans l'air (l'autre moitié pénétrant dans le support et étant perdue).

Si l'on enroule la feuille d'aluminium à l'intérieur d'un cylindre capable d'être enfilé sur le compteur, on pourra mesurer avec ce compteur la totalité des électrons sortant de la source, c'est-à-dire la moitié des électrons émis. Mais tous les chimistes comprendront qu'il en général *impossible* d'extraire ainsi, à l'état de pureté, un seul élément (isolé ou sous forme d'une combinaison).

Dans ces conditions, on comprend sans peine qu'il est impossible, en biologie, de se borner à utiliser les méthodes toxicologiques classiques de destruction de la matière organique, pour doser les radioisotopes dans le liquide résultant de cette destruction. Dans chaque cas particulier, une méthode appropriée doit être mise au point. Mais bien souvent on ne peut que mesurer le rayonnement émanant *de la matière elle-même* où l'on désire faire le dosage. On peut alors disposer cette matière en couches d'épaisseur croissante, et mesurer dans chaque cas le nombre d'électrons émanant de la surface. On comprend facilement que ce nombre tendra vers une limite bien définie quand l'épaisseur tendra vers l'infini. C'est cette limite qui pourra être prise comme mesure de la concentration de la substance en radioisotope considéré, mais l'opération nécessitera un étalonnage préalable, pratiqué avec le *même* radioisotope réparti uniformément dans la *même* matière.

Les mesures deviennent beaucoup plus simples lorsqu'on a affaire à un radioisotope

émettant à la fois du rayonnement β et du rayonnement γ. Dans ce cas, le rayonnement γ peut servir à lui seul, soit à l'identification du corps par mesure de la période, soit à son dosage par mesure du pouvoir ionisant du rayonnement γ, ou par numération des photons γ. On utilise alors un compteur spécial pour rayonnement γ, qui ne diffère des précédents que par son mode de construction, et qui a l'avantage de donner des résultats à peu près identiques, que le radioisotope soit seul ou mélangé à une matière quelconque, de plusieurs millimètres ou même de plusieurs centimètres d'épaisseur. Parmi les radioisotopes d'utilisation courante, le radioiode est celui qui est le plus souvent détecté, par son rayonnement γ, de cette manière. En général, on est toutefois obligé d'utiliser dans les expériences des quantités *plus grandes* de radioisotope quand on procède par mesure γ, et non par mesure β.

Remarquons enfin que, si dans le cas de corps à rayonnement β normal (type radiophosphore), on peut opérer sans tenir compte de la présence de l'air, comme si le pouvoir absorbant de ce dernier était nul, il n'en est plus de même dans le cas des rayonnements très mous : ainsi le rayonnement du ^{14}C est en grande partie absorbé par quelques centimètres d'air, et cette circonstance vient encore gêner les expériences.

Ces deux méthodes d'étude des rayonnements (mesure du courant de l'ionisation ou comptage des particules) étaient les seules utilisables jusqu'à ces derniers temps. Depuis quelques mois on dispose de plaques photographiques spéciales pour recherches de physique nucléaire, plaques qui ont été mises au point par la firme Kodak (section américaine et section anglaise) et par la firme Illford (anglaise). Ces plaques sont préparées avec une émulsion très riche en bromure d'argent et très pauvre en gélatine. Elles peuvent, suivant leurs conditions de fabrication, être rendues sensibles, soit à certains types de particules, soit à d'autres. Il existe ainsi des plaques pour rayons α très sensibles aussi aux particules de fission, c'est-à-dire aux noyaux d'atomes légers provenant de l'explosion d'un gros noyau atomique. Un autre type de plaques est surtout sensible aux particules de masse moyenne (mésons). Enfin, un troisième type, qui n'a pas encore été livré aux travailleurs, va permettre l'enregistrement *individuel* des trajectoires *électroniques*. Il est probable que ces plaques seront d'une très grande ressource pour l'étude des radioisotopes. Elles ont l'avantage d'être très peu sensibles aux photons, soit de lumière, soit de rayonnements X ou γ.

De toutes les techniques que nous venons d'énumérer, il n'en est aucune qui puisse être utilisée par un personnel subalterne de laborantines non spécialement entraîné.

La méthode de l'électroscope est de beaucoup la plus maniable, mais elle ne s'adresse qu'aux quantités importantes de radioéléments.

La méthode photographique permettra probablement dans l'avenir de faire beaucoup de caractérisations dans des laboratoires, même dépourvus de matériel physique.

Mais la méthode des compteurs reste, au contraire, délicate et onéreuse. De plus, elle n'est guère utilisable dans les laboratoires très éloignés de grandes villes, en raison de la nécessité de réparations fréquentes.

II. — DIVERS MODES D'OBTENTION

A. *Neutrons lents.* — Comme nous l'avons rappelé dans un exposé précédent * le moyen le plus simple de préparer un grand nombre de radioisotopes est d'irradier l'élément inactif correspondant par neutrons lents. Il y a capture d'un neutron par le noyau, et formation de l'isotope immédiatement supérieur. Comme il y a simultanément réduction de masse, et quantité importante d'énergie libérée, le noyau obtenu est d'abord activé, et se désactive instantanément en émettant un rayonnement γ. Le résultat de l'opération est l'obtention de l'isotope supérieur qui, dans certains cas, est inactif, qui, dans d'autres, est un isotope instable, c'est-à-dire un radioisotope, se désintégrant par β pour donner un élément de numéro atomique plus élevé d'une unité, et inactif (stable).

En principe, ce qui rend cette opération facile, c'est le fait que le neutron ne porte pas de charge et qu'il n'est par conséquent pas repoussé par le noyau. Toutefois, la capture est plus facile par certains noyaux que par d'autres, ce qu'on traduit en disant que la *section efficace* est plus grande pour ceux qui donnent un meilleur rendement.

Tous les radioisotopes ne peuvent pas être préparés par ce procédé. Un assez grand nombre d'entre eux n'est obtenu que par l'emploi d'autres particules, ou encore à l'aide de *neutrons rapides*, à l'exclusion de neutrons lents.

* *Sur quelques aspects chimiques de la physique nucléaire*, Revue Gén. des Sciences, 1949, n° 7-8, pages 161-167.

B. *Cyclotron.* — Si un corps simple gazeux est ionisé, les *ions positifs* qu'il fournit sont constitués par des noyaux entourés d'un nombre plus ou moins grand d'électrons provenant des couches périphériques. L'ensemble constitue une particule positive qui, si on la place dans un champ électrique, est soumise à une force, laquelle lui communique une accélération. La vitesse acquise par la particule dans le vide est fonction seulement de la *différence de potentiel* entre le point de départ et le point d'arrivée. On peut donc théoriquement obtenir des particules de vitesse et, par conséquent, d'*énergie,* aussi grandes qu'on veut. Mais, dans la pratique, il est difficile de réaliser un appareil fournissant une différence de potentiel suffisante (par exemple, plusieurs millions de volts). On emploie le cyclotron, qui comprend un dispositif générateur d'un champ électrique et un électro-aimant spécial. La combinaison des deux : champ magnétique et champ électrique, étant réalisée dans le temps et dans l'espace, de façon que la particule soit accélérée en même temps que courbée, pour acquérir une certaine énergie, puis reprise, accélérée et courbée de nouveau, et ainsi de suite. Elle décrit au total une spirale, de rayon de plus en plus grand, à mesure que sa vitesse augmente de plus en plus. A la sortie, on obtient un faisceau de particules toutes animées de la même énergie, et qu'on peut même, grâce à certains artifices, concentrer sur un point. On dispose à cet endroit une *cible* formée par l'élément inactif qu'on désire irradier. En principe, on pourrait donc employer comme projectile n'importe quel ion ou noyau d'atome léger. En réalité, on emploie surtout les plus légers, c'est-à-dire le *proton,* le *deutéron* ou noyau d'hydrogène II, l'*hélion* ou noyau d'hélium.

On symbolisera, comme d'habitude, la réaction nucléaire effectuée en inscrivant d'abord le symbole de l'élément bombardé, ensuite le symbole de la particule utilisée, puis celui des particules ou photons émis *au moment* de la réaction nucléaire, et enfin le symbole de l'élément obtenu, qu'on marque d'une astérisque, s'il est radioactif. Ex. :

$$^{27}_{13}\mathrm{Al}\left(\alpha, \mathrm{n}\right)^{30}_{15}\mathrm{P}^{*}$$

Ce qui signifie que l'aluminium ordinaire, bombardé par hélions (ou particules α) d'énergie suffisante, donne, avec émission d'un neutron, un phosphore 30, radioactif :

$$^{30}_{15}\mathrm{P} \xrightarrow{\beta^{+}} {}^{30}_{14}\mathrm{Si}$$

Dans certains cas, on obtient plusieurs réactions simultanées. Il est rare, en effet, qu'une cible, même formée par un seul corps simple, ne contienne qu'*un seul isotope.* Or, au point de vue de la chimie nucléaire, chaque isotope se comportera d'une manière entièrement personnelle. Un autre point important est que la richesse de la cible en radioisotope formé, au bout d'un certain temps d'irradiation, va dépendre de deux facteurs :

1° Nombre de particules frappant la cible par seconde, ce facteur étant lié à la puissance du cyclotron;

2° Période du radioisotope formé.

Si l'on prolonge le temps, il arrivera un moment où la quantité *formée* par seconde sera *égale* à la quantité *détruite* par désintégration. On dira alors que l'*équilibre radioactif* est obtenu, et l'on ne gagnera plus rien en prolongeant le temps d'exposition.

Le temps *pratiquement* nécessaire pour *presque* atteindre l'équilibre radioactif est égal à cinq fois la période. On n'aura aucun moyen, bien entendu, de concentrer davantage le radioisotope, à moins de faire un traitement chimique d'isolement, ce qui sera possible, puisque, d'une manière générale, quand on utilise d'autres projectiles que les neutrons lents, le radioisotope formé est toujours chimiquement différent du produit de départ.

Dans le cas où la cible est un composé défini contenant *plusieurs* éléments, il pourra y avoir production d'un grand nombre de radioisotopes. On évite souvent une opération de séparation fastidieuse en laissant mourir tous les isotopes à vie courte, ce qui permet, après un temps déterminé, de considérer le produit comme ne contenant plus qu'un seul radioisotope : celui dont la vie était la plus longue.

C. *Fission.* — Le principe en a été exposé antérieurement.

III. — PROCEDES TECHNIQUES DE PREPARATION DES RADIOISOTOPES

A. *Source permanente faible de neutrons.* — C'est le procédé qui a été utilisé en premier lieu et jusque vers 1937. Si on bombarde du glucinium avec les particules α d'un radioélément naturel, on obtient une émission de neutrons. On peut choisir un radioélément α à vie longue, et son mélange avec de la poudre de glucinium, placé dans un récipient dont les parois arrêtent les particules α, permet d'obtenir une source de neutrons d'intensité invariable et pratiquement indéfinie, si la période est assez longue. On utilise généralement des

sources (radium + glucinium). On peut également employer un émetteur α à vie plus courte, les sources n'étant alors utilisables que pendant un certain temps. La plus commode est la source de (radon + glucinium), préparée en plaçant dans une aiguille creuse de verre de la poudre de glucinium, et en remplissant ensuite cette aiguille d'émanation du radium. On scelle l'aiguille et on obtient une source de neutrons utilisable pendant quelques jours.

Enfin, on a beaucoup employé aussi des sources (polonium + glucinium) utilisables pendant quelques mois (période du polonium : 140 jours).

Dans tous les cas, les neutrons produits par ces sources sont des neutrons *rapides*. Il est nécessaire de les ralentir, ce qu'on peut faire en plaçant l'aiguille ou la source dans une cavité, creusée au milieu d'un gros bloc de paraffine. Les neutrons rencontrant les atomes d'hydrogène de la paraffine sont très vite ralentis par eux jusqu'à la vitesse d'agitation moléculaire (neutrons thermiques).

L'inconvénient de la paraffine est qu'une partie des neutrons est absorbée par les atomes d'hydrogène pour former du deutérium. On éviterait cet inconvénient en utilisant de l'eau lourde comme ralentisseur, mais le prix de revient de la source deviendrait prohibitif, et il est plus économique d'augmenter la quantité d'émetteurs α et de glucinium, quitte à perdre une partie des neutrons. Un dispositif assez commode [2] est le suivant : la source (radon + béryllium) est placée au centre d'une tige cylindrique de paraffine, entourée elle-même d'un cylindre de paraffine coaxial. On vient ensuite coiffer la tige de paraffine intérieure avec un vase à double paroi en verre ayant la forme d'un vase Dewar renversé, le liquide à irradier étant placé entre les deux parois du vase Dewar. De cette manière, on utilise au mieux le flux de neutrons (fig. 1).

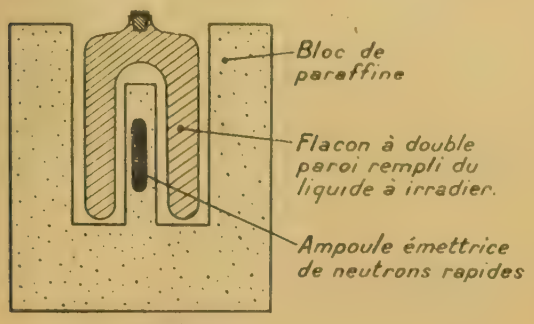


Fig. 1

On peut, par exemple, très commodément, en irradiant de l'iodure d'éthyle pendant une ou deux heures, extraire ensuite, par exemple avec une solution aqueuse de sulfite, l'iode libéré. Il se produit ici une *réaction de Szilard:* l'énergie γ libérée après capture du neutron a *arraché* le noyau du radioiode formé, de la molécule IC_2H_5 dont il faisait partie, et ce noyau a simplement ensuite récupéré des électrons pour former un atome d'iode, facile à extraire de l'iodure d'éthyle initial. C'est un artifice qui permet à la fois de *préparer* le radioisotope, et de l'*isoler* ensuite du corps simple inactif auquel il correspond. Il n'y a pas, en réalité, séparation physique ou chimique des deux isotopes, mais rupture des seules molécules contenant le radioisotope.

B. *Cyclotron.* — Le procédé précédent avait l'inconvénient de ne permettre d'obtenir que de petites quantités de radioisotope. Avec le cyclotron, on peut préparer des doses beaucoup plus élevées, mais le prix de revient de l'opération est infiniment plus grand : un cyclotron nécessite une foule d'installations accessoires, et ne peut être manié que par des spécialistes hautement qualifiés.

C. *Pile.* — Le procédé devenu industriel est celui de la *pile atomique*. Ici, on va procéder de la manière suivante : un atome lourd sera bombardé par neutrons lents. Le résultat de la capture sera la formation d'un atome instable, qui subira la fission en libérant deux radioéléments légers, chefs de file de deux familles radioactives; en même temps, plusieurs neutrons rapides seront émis et, d'autre part, une grande quantité d'énergie sera libérée. Si, au voisinage, se trouve un ralentisseur de neutrons, les neutrons rapides produits vont diminuer de vitesse, se transformer en neutrons lents, qui pourront à leur tour être capturés chacun par un gros atome du même type que le précédent. On travaille généralement avec l'uranium. C'est l'isotope ^{235}U qui donne lieu au phénomène. Si la masse d'uranium est convenable, et si on utilise l'uranium ordinaire, riche surtout en ^{238}U, on peut entretenir les fissions sans jamais atteindre la *réaction en chaîne* explosive. Pour ralentir à volonté la réaction, il suffit de régler le flux de neutrons lents produits, en *absorbant* une quantité plus ou moins importante de ces neutrons lents à l'aide d'un corps qui les utilise avec une grande section efficace pour former des isotopes inactifs. C'est le *cadmium* qui est l'élément de choix pour cet usage. Le cadmium absorbe très énergiquement les neutrons en formant simplement un isotope inactif supérieur. Il en résulte que si des barreaux de cadmium sont plus ou moins

enfoncés dans la pile, la proportion de neutrons captés sera plus ou moins grande, et réglable à volonté. L'élément ralentisseur peut être l'eau, ou l'huile de paraffine, ou l'eau lourde, si l'on dispose d'une quantité suffisante.

Le choix du ralentisseur est commandé beaucoup par la nécessité de l'utiliser dans un état de *pureté chimique* absolu. En effet, si le ralentisseur contient des traces d'éléments minéraux quelconques, *chacun d'eux* va être irradié par neutrons, et donnera naissance à des radioisotopes. Il en résultera une perte de neutrons. Il est naturellement particulièrement facile d'obtenir dans ce grand état de pureté soit l'*eau* ordinaire, soit l'eau lourde. On emploie beaucoup aussi le *graphite*, dont la préparation industrielle a été, dans ce but, perfectionnée à un point absolument incroyable, puisque certains éléments gênants, comme le bore, ont pu être ramenés à un taux de dilution indiscernable par les moyens chimiques les plus délicats.

On a également intérêt à utiliser l'uranium sous forme de corps simple, et non pas sous forme de composé chimique comprenant des atomes étrangers. On a donc été obligé de perfectionner la préparation de l'uranium *métal*.

Quand on désire obtenir l'explosion atomique (bombe atomique), il est indispensable de réaliser la séparation de l'uranium 235 pur; dans une pile, on utilise au contraire l'uranium brut, soit à l'état de métal, soit à l'état de composé défini très riche en uranium.

Pour préparer des radioisotopes avec une telle pile, on va ménager des *cavités* à l'intérieur de la masse génératrice de neutrons, et dans ces cavités on fera glisser des *tiroirs* où l'on aura placé les corps à irradier. Il est intéressant, bien entendu, d'employer pour fabriquer les tiroirs et récipients une matière peu sensible aux neutrons, c'est-à-dire formant peu de radioisotopes; l'*aluminium* convient très bien pour cet usage.

Il existe à l'heure actuelle, en dehors des piles américaines à grande puissance, une pile anglaise fonctionnant à Harwell, de 3.000 KW de puissance. Cette pile produit un flux de 2.10^{11} neutrons par cm^3 et par seconde. Une plus petite pile anglaise, d'une puissance de 8 KW, produit un flux de neutrons de 2.10^{10} neutrons par cm^3 par seconde. Récemment, la France a mis en route une première pile de faible puissance, destinée surtout à des mises au point. Elle est équipée avec un oxyde d'uranium; le ralentisseur choisi est l'eau lourde, et le graphite est employé, au pourtour de la cuve contenant cette eau lourde et les barreaux d'oxyde d'urane, à tapisser les parois pour réfléchir les neutrons vers la cuve. Des barreaux de cadmium immergés dans la cuve peuvent être soulevés ou abaissés pour régler la puissance.

Jusqu'à nouvel ordre, la pile française doit fournir seulement des radioéléments à vie courte (quelques jours au maximum), ce qui permet de ne maintenir les produits dans la pile que pendant un temps court, et par conséquent de l'utiliser au mieux. Les piles à grande puissance permettent, au contraire, de préparer des corps à vie plus longue, sans difficulté, parce que les grandes dimensions de la pile permettent d'effectuer simultanément des activations de longue durée et des activations brèves. De plus, la proportion d'éléments inactifs, par rapport aux radioisotopes, est d'autant plus faible que le flux de neutrons de la pile est plus élevé.

IV. — CONDITIONS DE DELIVRANCE AUX CHERCHEURS

Il existe, au Centre National de la Recherche Scientifique, une commission, présidée par le professeur Terroine, chargée de diriger en France les recherches sur les radioisotopes. D'autre part, les recherches de caractère médical sont contrôlées par l'Institut d'Hygiène (professeur Bugnard). Par l'intermédiaire de ces organismes, il est possible à un chercheur d'obtenir :

a) Des radioisotopes à vie très courte, fournis par la pile française de Châtillon, placée sous la direction du Haut Commissariat à l'Energie atomique;

b) Des radioisotopes à période moyennement longue ou longue (plus d'une semaine). Le seul procédé utilisable jusqu'ici est de faire une commande aux Etats-Unis. Ces commandes sont *personnelles*, c'est-à-dire que le directeur du laboratoire où la recherche doit avoir lieu, et le chercheur qui doit l'effectuer, formulent eux-mêmes la demande de radioisotopes sur un imprimé spécial, délivré par le Centre National de la Recherche Scientifique ou l'Institut d'Hygiène. On doit préciser la nature exacte de la recherche projetée, le matériel dont on dispose, les méthodes de mesures qu'on utilisera, la nature des animaux qu'on mettra en expérience, leur nombre, les modalités d'injection et de dosage, etc. C'est dire qu'un plan de travail *extrêmement détaillé* doit avoir été établi à l'avance, ce qui n'est possible que si l'intéressé a déjà une grande expérience des travaux de ce genre. La demande est transmise par le C. N. R. S. ou l'Institut d'Hygiène et, si elle est acceptée par la Commission américaine, la commande défi-

nitive peut être passée par le bureau du C. N. R. S. à New-York.

Les dépenses à prévoir sont de deux ordres :

1° Prix des radioisotopes eux-mêmes;

2° Transport.

Le transport s'effectue par avion. Son prix est extrêmement variable suivant qu'il s'agit d'un corps à rayonnement β seul, ou d'un corps à rayonnement $\beta + \gamma$. Dans le dernier cas, en effet, les règlements américains exigent que le produit soit expédié dans un récipient spécial en plomb, de poids variable avec la nature du rayonnement γ. L'ordre de grandeur du prix de revient d'un seul envoi varie, par conséquent, entre 10.000 et 100.000 francs. Comme il arrive souvent qu'on a besoin d'envois répétés, à des intervalles de temps réguliers, la dépense totale à prévoir est assez élevée.

Les bénéficiaires des radioisotopes américains sont obligés d'adresser à la Commission américaine un compte rendu sommaire des résultats obtenus, *dans les six mois qui suivent l'envoi;* ces résultats doivent en principe être publiés ensuite *in extenso, en anglais,* dans une revue américaine.

c) A partir d'octobre 1949, on envisage la possibilité de commandes directes à l'Angleterre. La durée de l'expédition serait évidemment plus petite, et les frais moins élevés. Toutefois, les Anglais ont préféré, pour l'expédition de corps à rayonnement γ, remplacer les récipients de plomb par des récipients en matériaux légers, mais très volumineux, et garnis de matériaux isolants non absorbants : papier, etc. Dans ce cas, c'est l'*éloignement* de la source de rayonnement γ, en raison des dimensions du récipient, qui fait que ce rayonnement a un effet négligeable au dehors; l'*encombrement* est par contre considérable dans les avions, et pose un certain nombre de problèmes pratiques.

V. — CHOIX DU RADIOISOTOPE LE MIEUX ADAPTE A UNE RECHERCHE

Le choix du radioisotope qu'on peut utiliser dans un travail déterminé n'est pas uniquement dirigé par la nature de l'élément chimique nécessaire. Il arrive souvent qu'à un même élément correspondent *plusieurs* radioisotopes. Par exemple, pour l'iode, il en existe un, de période 25 minutes, et un autre de période 8 jours, le premier sans rayonnement γ, le deuxième émettant un fort rayonnement γ. Or, la grandeur de la période est un facteur de première importance, non seulement eu égard aux conditions d'expédition, mais aussi aux possibilités des travaux de laboratoire elles-mêmes. Il y a très peu d'expériences qu'on puisse faire avec un radioélément dont la période est de quelques heures, encore moins de quelques minutes. Les expériences biologiques ne sont guère réalisables qu'avec des radioéléments de période au moins égale à une semaine; par contre, il est souvent gênant ou dangereux d'utiliser des corps à période très longue; en particulier, l'expérimentation sur l'homme est impossible avec ces radioisotopes. Pour le moment, la Commission américaine *n'autorise pas* l'expérimentation *humaine* avec le ^{14}C (émetteur β), ni avec le plutonium (émetteur α). Une fois ces corps introduits dans l'organisme, ils risquent en effet d'y demeurer définitivement, et d'y causer des désordres graves. D'autre part, l'emploi de corps à vie très longue a l'inconvénient de contaminer vite le matériel de mesure, et de rendre au bout de quelques mois les locaux inutilisables pour des recherches de radioactivité, à moins qu'on ne prenne des précautions très grandes (multiplicité des laboratoires, vêtements spéciaux, etc.).

Il est tout à fait impossible de passer ici en revue, même très brièvement, les domaines dans lesquels l'emploi des radioisotopes est le plus prometteur. On peut seulement dire qu'en biologie l'étude du sort d'un élément dans un organisme vivant, ou du sort d'une molécule contenant un élément déterminé (molécule marquée), sera dans l'avenir, de plus en plus, effectuée par cette méthode. Dans le cas de la molécule contenant un atome marqué, il faut prendre bien garde de vérifier que le lieu de détection *du radioélément* correspond bien à celui *de la molécule,* ce qui ne serait pas le cas si la molécule s'était détruite dans l'organisme.

Un deuxième type de recherches devenu très courant est celui de la détermination de la masse sanguine ou des problèmes apparentés : en introduisant dans le sang une quantité connue d'un radioisotope et en laissant la circulation opérer un brassage, on peut, quelques minutes plus tard, en dosant l'élément dans le sang, en déduire la grandeur de la masse sanguine. Ceci suppose toutefois :

1° Qu'il n'y a pas eu diffusion du radioisotope hors des capillaires pendant la mesure. Or, le ^{32}P, par exemple, diffuse avec une rapidité extraordinaire;

2° Qu'il n'y a pas eu adsorption et rétention par certains organes, comme la rate.

Dans chaque cas, de longues études sont donc nécessaires avant qu'une interprétation des résultats soit légitime.

Un troisième type de problème plus facile à résoudre est celui des *localisations* permanentes de molécules ou d'élément. Dans ce cas, la méthode de choix est celle d'*autohistoradiographie,* mise au point autrefois par Lacassagne [3] dans le cas des radioéléments α. Le fragment de tissu à examiner est inclus dans la paraffine, le bloc débité au microtome. D'une part on colore une coupe, d'autre part le bloc adjacent est appliqué contre une plaque photographique, pendant un temps assez long. Après développement, on compare à grossissement moyen la coupe coloriée et l'image photographique indiquant la répartition du radioélément. Le jour où la méthode s'étendra commodément aux émetteurs β, par suite du perfectionnement des plaques photographiques dont nous avons parlé précédemment, cette méthode rendra certainement de grands services. Il faut cependant remarquer que les parcours α dans la gélatine sont de l'ordre de 10 à 20 μ, et que, par conséquent, déjà la localisation d'un élément α ne pouvait pas être suivie *à l'intérieur* d'une cellule. Dans le cas de corps β, les parcours sont de l'ordre du millimètre, et de telles localisations sont encore moins possibles. Le corps le plus indiqué est le ^{14}C, dont le parcours est très faible, et par conséquent la localisation plus fine. En fait, les essais pratiqués jusqu'ici montrent que ces recherches sont très difficiles (nécessité d'opérer sur des coupes coloriées *après* imprégnation d'émulsion photographique et développement, ce qui rend les deux techniques (de coloration et de développement) très délicates.

En chimie, on a pu, grâce aux radioisotopes, savoir dans quel cas un ion ou une molécule avaient le caractère de complexe *parfait,* c'est-à-dire qu'en solution aqueuse il n'y a pas d'échange entre un des éléments constitutifs du complexe et l'ion libre correspondant ajouté dans la solution. L'étude de ces *réactions d'échange* a pris un très grand développement dans les dernières années et a éclairé beaucoup nos conceptions sur les structures moléculaires minérales et leur stabilité.

On peut espérer beaucoup aussi des études sur la catalyse par action de contact, les équilibres statiques ou dynamiques des systèmes hétérogènes, les phénomènes superficiels, etc.

Si les espoirs, qui avaient été formés un peu hâtivement, d'obtenir, grâce aux radioisotopes, la guérison du cancer, ont été jusqu'ici déçus, par contre il est certain que leur emploi dans tous les dmaines de la recherche se généralisera de plus en plus.

M. Guillot.

1949.

BIBLIOGRAPHIE

1. P. Süe. — *Dix ans d'applications de la radioactivité artificielle.* Préface de F. Joliot-Curie. Paris, Société des éd. scientif. (Sd) 259 p.

2. M. Guillot et B. Goldschmidt. — *Bull. Soc. Chim.* (4) *3* (1936) p. 2371.

3. A. Lacassagne et J. S. Lattès. — *Comptes rendus Ac. Sc.* 179 (1924), 488. *Journal de Radiologie et d'Electricité* IX (1925) pp. 1 et 67.

Réflexions sur les caractères acquis et leur transmissibilité

par Ed. DECHAMBRE
Sous-Directeur du Muséum d'Histoire Naturelle

La question de l'hérédité des caractères acquis constitue en quelque sorte la clef des théories de l'évolution, aussi a-t-elle été l'objet de controverses passionnées. Celles-ci ayant été le plus souvent dirigées essentiellement par des conceptions théoriques, il convient, avant d'aborder les faits constituant le fond même de la question, d'examiner d'abord la valeur des arguments théoriques préalablement invoqués contre la possibilité même d'acquisition, puis de transmission de nouveaux caractères sous l'influence du milieu.

***

D'après la théorie des chromosomes et des gènes, l'hérédité ne pourrait transmettre que des caractères déjà existants chez les ancêtres, aucune acquisition ne serait possible puisque cette théorie n'envisage pas la formation de chromosomes ou de gènes nouveaux. Seule serait réalisable la transmission de modifications consistant en diminution ou en perte de caractères ou consécutives à des agencements différents des gènes.

Mais considérer que ce soit là un argument suffisant pour rejeter la possibilité de la transmission héréditaire de nouveaux caractères, c'est oublier que ces théories ne sont que des hypothèses, fort séduisantes certes, mais hypothèses quand même, c'est-à-dire qu'elles doivent être soumises aux faits et non les faits à elles. Elles n'envisagent d'ailleurs qu'une partie de l'hérédité, n'expliquent pas, tant s'en faut, la transmission de tous les caractères et laissent dans l'obscurité beaucoup de points fort importants, voire essentiels. L'avenir nous dévoilera sans doute d'autres mécanismes de transmission de caractères.

Un argument capital réside dans la conception de Weismann impliquant l'indépendance totale du soma et du germen. Or, ce n'est là aussi qu'une hypothèse, confirmée sans doute au point de vue morphologique par des observations embryologiques, mais à laquelle s'opposent des acquisitions physiologiques récentes.

Il est bien évident, en effet, que les cellules du germen ne peuvent puiser leur subsistance que dans le milieu intérieur. Comment admettre qu'elles n'en subissent pas l'action au même titre au moins que des parasites dont l'indépendance organique est encore plus incontestable ? Comment expliquer autrement l'action néfaste bien connue de certains poisons, de l'alcool par exemple, sur la descendance?

Réciproquement l'influence du germen sur le soma est évidente : n'est-ce pas elle qui donne naissance aux caractères sexuels secondaires.

Enfin nous connaissons le rôle important des glandes sexuelles dans l'équilibre général, nous savons qu'elles excitent ou modèrent le fonctionnement de divers organes, notamment par l'intermédiaire des glandes à sécrétion interne, tandis que leur propre activité dépend d'autres glandes endocrines. Ces mécanismes physiologiques, fort complexes, commencent seulement à être précisés, mais dès maintenant nous pouvons dire que l'étude du fonctionnement des gonades dévoile un ensemble de réactions déclanchées par des hormones établissant ainsi une étroite liaison entre le germen et le soma.

Ainsi l'indépendance du germen et du soma apparaît beaucoup moins absolue que ne le prétendaient Weismann et ses partisans. Or le grand argument invoqué contre la transmissibilité des caractères acquis réside précisément dans l'affirmation que l'influence du milieu ne se traduit que par la manifestation d'accomodats localisés au soma, étrangers au germen, donc intransmissibles, conclusion sans valeur si une interaction du germen et du soma est possible.

Enfin il faut bien dire que des arguments peu scientifiques entrent parfois en considération. De tels faits sont malheureusement fréquents. Pourquoi ne pas reconnaître que la question n'est pas tranchée et émettre des affirmations que l'on sait devoir être contredites. Voici par exemple la conclusion du professeur Cuénot :

« D'après ce qui précède on pourrait croire que la question de l'hérédité des caractères acquis par le soma est définitivement tranchée et qu'elle n'a pas plus d'intérêt que les vieilles histoires de télégonie, des envies des femmes enceintes et autres fables. Le fait est qu'il n'y a aucune preuve expérimentale indiscutable, alors qu'on ne devrait avoir que l'embarras du choix. Personnellement avec Morgan et les mutationnistes, je nie formellement et complètement l'hérédité des caractères acquis, parce qu'il faut bien avoir une opinion ferme ; mais je comprends que la question renaisse toujours de ses cendres. Nous verrons, à propos des accomodats qui sont des caractères acquis par le soma, qu'il y a une telle ressemblance entre des caractères héréditaires, donc germinaux, et des accomodats déterminés par certaines conditions de milieu, qu'il est tentant d'admettre que ces derniers, par un processus inconnu, se transforment à un certain moment en caractères héréditaires. Bien entendu je ne crois pas qu'il en soit ainsi... Si une seule expérience donnait un résultat hors de conteste cela aurait des conséquences considérables, mais on peut dire hardiment qu'il n'y en a pas. »

Sur ce point, comme sur beaucoup d'autres en biologie, les opinions catégoriques et surtout trop exclusives sont dangereuses. Aussi lorsque les partisans de la transmissibilité, de même que ses adversaires, considèrent que la question est indubitablement et définitivement tranchée en leur faveur, il faut bien reconnaître que ces affirmations sont pour le moins prématurées.

Ainsi aucun des arguments théoriques invoqués contre la transmission des caractères acquis n'a de valeur absolue et définitive. Je pense donc qu'il est loisible et légitime de procéder à un nouvel examen de la question. examen d'ailleurs nécessairement limité car il est difficile, sinon impossible, de traiter le problème sous tous ses aspects : les faits rapportés pour ou contre sont extrêmement nombreux et font état d'observations relatives à tous les échelons des règnes animal et végétal. Il est impossible de les discuter tous avec une égale compétence, c'est pourquoi je me référerai de préférence aux mammifères et plus spécialement aux espèces domestiques dont l'étude m'est plus familière, ne prenant dans les autres domaines que les exemples les plus classiques.

Tout en désirant éviter de dévier la discussion sur des questions de mots, il me faut bien essayer de préciser le terme de caractère acquis, dans le sens étroit envisagé ici.

Les définitions données sont en général tendancieuses. Voici par exemple celle du professeur Cuénot, qui, au premier abord, semble rationnelle : « Le caractère acquis est une modification apparaissant chez une plante ou un animal, à un âge quelconque, qui est visiblement l'effet d'une cause extérieure et accidentelle, à tel point que si cette cause n'était pas intervenue, la modification ne se serait pas assurément produite ». Or, deux mots en restreignent beaucoup la portée : visiblement et accidentelle.

« Visiblement » préjuge en effet que nous connaissons toutes les causes capables d'agir sur les organismes et que nous en disposons à notre gré. Or il faut tout de même bien admettre l'existence de forces que nous ignorons encore. Combien de radiations ne nous sont connues que depuis une époque récente? Et il est fort vraisemblable que nous en découvrirons d'autres..., peut-être précisément celles qui agissent sur les organismes dans le sens que nous étudions.

Il est donc possible que des causes extérieures encore inconnues influencent réellement les organismes et déterminent des modifications que nous constatons sans toutefois pouvoir les rattacher « visiblement » à une action du milieu.

« Accidentelle » restreint arbitrairement la durée d'action des causes envisagées ; les partisans de l'hérédité des caractères acquis admettent la nécessité d'une action répétée, prolongée sur plusieurs générations pour obtenir des modifications observables.

Mais la difficulté de définir les caractères acquis ne doit pas nous arrêter dans l'examen des faits. Or dès l'abord de ceux-ci voici un nouvel obstacle : en présence d'organismes qui, par suite de circonstances soit inconnues, soit réputées connues, présentent des caractères nouveaux, comment distinguer ceux qui sont consécutifs à l'action du milieu de ceux qui en sont indépendants ?

La question est délicate car le simple examen des caractères morphologiques ne permet pas de distinguer un accomodat d'une mutation. Le seul moyen, au dire des généticiens, serait d'étudier la transmissibilité de ces caractères. Mais c'est là renverser la question et partir d'hypothèses pour établir des faits. En effet, cette conceeption résulte uniquement des définitions données à la mutation et à la somation, définitions abitraires en rapport avec la théorie de l'indépendance du germen et du soma dont le bien-fondé est contestable.

D'autre part si, par définition, les mutations sont indépendantes de l'action du milieu, pour-

quoi entreprendre des expériences pour les provoquer, expériences dont les résultats sont d'ailleurs positifs : influence des variations de température, des rayons ultra-violets, des rayons X, du radium, etc.? Or ces agents faisant partie du milieu naturel ne devraient produire que des sommations et non des mutations, caractères nouveaux transmissibles. Les mutations obtenues expérimentalement ne constitueraient donc plus, à proprement parler, des mutations.

Partant des définitions classiques la question de la transmissibilité des caractères acquis reste forcément insoluble. Essayons donc d'examiner, en dehors de ces notions, les diverses observations fournies à l'appui de l'acquisition et de la transmission de nouveaux caractères déterminés par le milieu.

***

Je passerai rapidement sur l'hérédité des mutilations dont l'impossibilité est établie depuis longtemps par des observations et des expériences nombreuses.

Cependant une réserve est peut-être nécessaire au sujet des mutilations de certains organes internes, à la suite des expériences de Nasoin et de Balbassare sur l'ablation de la rate : l'atrophie de cet organe observée chez les descendants serait peut-être en relation avec d'autres faits que j'aurai à examiner qui sont en rapport avec l'activité des glandes endocrines.

Les premières études sur les modifications plus ou moins pathologiques provoquées sont dues à Brown-Séquard mais les résultats en sont fort contestables étant données les conditions peu précises de leur réalisation.

Guyer et Smith, mettant en jeu l'action des lysines sur le cristallin, ont obtenu quelques résultats positifs, mais leurs expériences sont loin d'être à l'abri des critiques.

Enfin Griffigh a observé la transmission de troubles labyrinthiques survenus à la suite d'une longue rotation mais ceci aussi est contesté et reste en suspens.

Les maladies générales déterminées par des parasites ou des microbes divers provoquent chez l'animal guéri la manifestation d'une immunité durable. Divers arguments sont invoqués pour établir le caractère non héréditaire de cette immunité acquise. Peut-être serait-il plus exact de dire que cette transmission n'est pas admise faute de pouvoir en concevoir le mécanisme. Cependant il existe une immunité naturelle dont l'hérédité ne fait aucun doute. Or cette immunité naturelle est très variable dans sa spécificité selon les espèces. Ainsi l'homme ne contracte ni la péripneumonie des bovidés, ni le charbon symptomatique, ni la peste bovine. Les animaux domestiques sont réfractaires au paludisme, à la fièvre jaune, à la scarlatine, les ruminants à la morve, les poules au tétanos.

Mais ce qui est plus important à souligner ici ce sont les différences au sein de la même espèce : les nègres ne contractent pas la fièvre jaune qui décime les Européens ; les moutons d'Afrique résistent beaucoup mieux à la clavelée et au charbon que ceux d'Europe, de même pour les porcs du Yorkshire en ce qui concerne le rouget. Dans tous ces cas il semble bien qu'il s'agisse d'une immunité, donc d'un caractère physiologique acquis, mais quelle peut en être l'origine? Mutation physiologique ou acquisition à la suite d'infections légères passées inaperçues? Il n'est pas possible de le préciser.

J'ai longuement exposé ailleurs la question des caractères acquis en ce qui concerne les facultés psychiques. Il semble que ce soit à ce propos que l'on puisse observer les faits les plus positifs puisque la notion d'habitudes acquises et transmises héréditairement est largement répandue .

Les animaux domestiques m'ont fourni des exemples qui me paraissent probants. L'hérédité du dressage qui semble fort réelle a cependant été souvent exagérée et j'ai notamment montré que c'était une erreur de considérer les chiens d'arrêt comme dérivant des chiens courants par un dressage qui aurait modifié leur instinct primitif.

En réalité, en poussant les choses à fond du point de vue théorique, on peut admettre qu'il y a plutôt perte de caractères, de facultés, d'aptitudes que réelle acquisition, aussi les observations ne sont-elles pas en opposition avec la théorie des chromosomes. Mais pour l'observateur tout se passe finalement comme s'il y avait transmission pure et simple des habitudes acquises.

Des expériences, évidemment fort discutées, ont donné aussi des résultats positifs.

Les premières, celles de Pawlow, ont été très controversées et ne sont plus considérées comme convaincantes. Mais il en existe de plus récentes, encore plus démonstratives, celles de McDougall notamment qui paraît bien avoir pris toutes les précautions pour éviter l'objection d'une sélection artificiellement opérée.

« L'attitude négative des théoriciens n'est certainement pas de mise en présence de tels faits, dont il faut souhaiter qu'ils soient repris.

« C'est encore actuellement, faire preuve de parti-pris contraire à l'esprit de la science expérimentale, que de nier toute possibilité d'une transmission favorable d'adaptations acquises dans les comportements, comme il le serait de nier le rôle de variations brusques non adaptatives, de mutations, concernant les tendances et les instincts aussi bien que les formes, dans les processus généraux de l'évolution. » (H. Piéron.)

***

Ainsi les expériences ne confirment que rarement les observations faites dans le milieu naturel dont l'ensemble est évidemment favorable à la thèse de la transmissibilité puisqu'il lui a précisément permis de prendre naissance.

Pour essayer de comprendre cette opposition, analysons les résultats des expériences.

Celles-ci peuvent se diviser en deux séries.

La première comprend celles qui sont négatives d'emblée : à la suite des modifications du milieu les organismes n'ont présenté aucune transformation ou sont morts. Cet échec est dû à l'adaptation étroite de ces organismes à un milieu très spécialisé, ils étaient incapables de réaliser une nouvelle adaptation.

Dans la seconde série, les organismes présentent de nouveaux caractères à la suite du changement de milieu, mais, selon certains expérimentateurs ils les perdent s'ils sont replacés dans leur milieu primitif. Les caractères envisagés n'auraient donc pas été acquis. Cependant on pourrait admettre que leur disparition tient à ce que n'étant plus en accord avec le milieu ils avaient cessé d'être nécessaires et le retour aux anciennes conditions entraîne une nouvelle adaptation déterminant la réapparition des anciens caractères.

Ainsi il est très généralement admis que le milieu insulaire réduit le format des animaux, au moins des mammifères. De nombreux exemples peuvent en être donnés tant d'animaux sauvages (éléphants nains fossiles des îles méditerranéennes) que domestiques (poneys des îles Shetland, moutons des îles de Soay, d'Ouessant...). Les chevaux importés aux îles Falkland ont eu des descendants qui, actuellement sont des poneys. Certains auteurs disent que « ramenés en Europe nul doute qu'ils ne reprendraient leur taille ancienne. » (Blain). C'est là une affirmation gratuite, les poneys de Shetland, les moutons d'Ouessant, de Soay, élevés depuis plusieurs générations sur le continent conservant leur taille réduite, j'en ai continuellement des exemples sous les yeux.

Des observations de même ordre sont possibles sur les végétaux. Ainsi ceux qui vivent dans les montagnes présentent des caractères d'adaptation bien étudiés. Or contrairement à ce que l'on affirme souvent, ces plantes, ou tout au moins la très grande majorité, conservent ces caractères lorsqu'elles sont transportées en plaine. Comment expliquer autrement l'existence des jardins alpins où vivent des plantes des divers massifs montagneux du globe?

Enfn les caractères en rapport avec le milieu sont parfois si bien acquis et transmis qu'ils prennent une importance prépondérante et sont considérés comme essentiels sinon comme caractères primitifs.

Ainsi les mammifères marins sont généralement considérés comme descendants d'ancêtres terrestres. Entre autres les Pinnipèdes sont si manifestement apparentés aux Carnivores qu'ils leur étaient autrefois réunis. Ils en sont maintenant séparés pour constituer un ordre dont les caractères sont précisément ceux d'adaptation au milieu marin. A un degré plus avancé de spécialisation se placent les Cétacés qui semblent se rattacher aux Ongulés.

Ne devons-nous pas admettre alors que les caractères d'adaptation à la vie acquatique, caractères morphologiques et physiologiques, ont été acquis et transmis?

Les généticiens expliquent toutes ces constatations favorables par la sélection des divers génotypes constituant les espèces naturelles envisagées, seules seraient concluantes à leurs yeux les expériences portant sur des génotypes purs.

***

En définitive la discussion se résume ainsi dans l'opposition entre les observations et les expériences destinées à les confirmer. Nous sommes ainsi en présence de deux partis faisant état chacun de faits importants mais dont aucun n'emporte la conviction. Dans le milieu naturel les observations permettent d'enchaîner les faits comme s'il y avait acquisition et transmission de caractères, interprétation qui est contestée par les généticiens. Or ce sont les conditions imposées par ceux-ci qui transposent la question sur un plan théorique tout à fait étranger à celui dans lequel l'évolution naturelle s'est réellement effectuée.

Qu'exigent en effet les généticiens? Que nous opérions sur des lignées pures. Or celles-ci sont extrêmement rares dans la nature et ne se développent que dans des milieux très particuliers auxquels les organismes qui les composent sont si étroitement liés qu'ils ne

peuvent en être séparés. Modifier si peu que ce soit leurs conditions de vie, c'est les condamner à disparaître. Les expériences dont ils feront l'objet seront, *a priori*, négatives puisque, ne pouvant changer de milieu, ils sont évidemment incapables de manifester de nouveaux caractères sous l'influence d'un nouveau milieu.

Que se passe-t-il donc dans la nature en dehors de ces cas particuliers? Les espèces naturelles sont composées de génotypes mélangés dont le nombre, plus ou moins grand, est en rapport avec la manifestation de ce que nous appelons la variation, la variabilité. Or précisément ce sont les espèces les plus variables, donc composées de plus de génotypes, qui sont le plus susceptibles de s'adapter, d'évoluer. Ce sont ces espèces qui ont fourni des observations et des expériences favorables à la transmissibilité des caractères acquis. Selon les généticiens ce serait donc la sélection des divers génotypes qui donnerait l'impression de l'acquisition de caractères sous l'influence du milieu et de leur transmission.

Cependant cette simple sélection des génotypes ne permet en fait qu'une évolution très limitée.

Il ne suffit pas, en effet, comme on l'a longtemps cru, de sélectionner toujours les sujets par exemple les plus grands, les plus lourds, pour accroître indéfiniment la taille ou le poids. L'exemple des animaux domestiques est déjà là pour nous montrer que les progrès ainsi obtenus, rapides au début, deviennent ensuite extrêmement lents et peu importants. Des expériences beaucoup plus précises ont été réalisées qui permettent de comprendre les effets de la sélection appliquée à une population mélangée.

Au début, en isolant comme reproducteurs les types extrêmes, très grands ou très petits par exemple, on obtient relativement facilement des génotypes purs de taille différente. La variabilité des nouvelles lignées est beaucoup plus limitée que celle de la population ancienne, c'est la période d'efficacité de la sélection. Mais ultérieurement celle-ci devient inefficace en ce sens que dans chaque lignée pure il est indifférent de prendre comme reproducteurs les uns ou les autres : les descendants oscillent toujours autour du même maximum, caractéristique du génotype isolé. Le déplacement de ce maximum ne serait possible qu'à la faveur d'une mutation créant un nouveau génotype ayant une courbe propre de variation. L'évolution se réaliserait ainsi par paliers correspondant chacun à une mutation.

Cette conception n'est pas non plus entièrement satisfaisante par elle-même, car elle soulève une grosse difficulté: comment des mutations ont-elles pu s'enchaîner toujours dans le même sens pour donner naissance aux séries orthogénétiques bien connues?

L'intervention d'une sélection des formes favorables resterait acceptable s'il s'agissait toujours d'une évolution correspondant à une adaptation, au moins apparente, comme pour les Equidés. Mais combien d'autres cas ne donnent naissance qu'à des organes encombrants, à des dispositions désavantageuses qui, loin d'être éliminées, sont au contraire amplifiées au cours des temps : bois des Cervidés, cornes des Bovidés, des Ovidés, canines des Félidés, des Chevrotains, défenses des Proboscidiens. On arrive finalement à invoquer l'intervention du hasard; autant admettre que, « par hasard », un Singe puisse dactylographier la *Genèse*...

*
**

Examinons quelques faits où nous pourrions déceler des mécanismes par l'intermédiaire desquels le milieu peut agir sur les organismes.

Voici un premier exemple où les caractères nouveaux semblent déterminés par le milieu sans toutefois que cela corresponde à une adaptation apparente.

L'évolution normale des Batraciens comporte un stade larvaire avec des branchies externes, l'adulte à respiration pulmonaire étant seul apte à la reproduction. Or certains Tritons de nos pays se reproduisent exceptionnellement à l'état larvaire et ceci est la règle pour l'Amblystome dont la larve, l'Axolotl, est largement utilisée par les physiologistes pour les études sur l'action des hormones.

Cette possibilité de se reproduire à l'état larvaire semble bien un caractère acquis. Mais dans quelles conditions? Mutation? Peut-être, mais quel serait l'« avantage » ayant pu donner lieu à une sélection? Il ne semble pas non plus que cette néoténie soit devenue le point de départ d'une nouvelle lignée évolutive.

Dans ce cas particulier, il est d'ailleurs possible de fixer avec quelque précision l'origine des nouveaux caractères. On sait en effet que c'est l'activité de la thyroïde qui détermine la métamorphose. Il y aurait donc insuffisance thyroïdienne chez l'Axolotl. Or puisqu'il est d'autre part établi que l'activité de la thyroïde est influencée par le milieu extérieur, nous serions ainsi en présence d'un caractère ac-

quis sous l'influence du milieu extérieur et transmis, ce qui nous fait entrevoir l'action possible du milieu sur le soma, puis sur le germen, par l'intermédiaire des hormones.

Ce sont à des influences de cet ordre que se rattacherait le fait que les Hommes et les divers animaux d'une même région présentent souvent des caractères communs : affinement ou épaississement des extrémités, pigmentation claire ou foncée, proportions brévilignes ou longilignes, modelé rond ou plat.

Tous ces caractères raciaux semblent en effet en relation avec des différences d'activité endocriniennes, ainsi que les données rassemblées sur la thyroïde tendent à le démontrer. « On peut alors se demander comment, dans la théorie monophylétique généralement admise, ces variations endocrinologiques ont pu s'établir et se maintenir. Les recherches actuelles qui mettent en évidence l'influence de divers facteurs climatiques où alimentaires sur l'activité de certaines glandes endocrines permettent de comprendre comment ont pu s'établir des hypo ou des hyperfonctionnements de celles-ci. De plus, les observations médicales qui montrent le caractère héréditaire de maintes affections endocriniennes sont un argument pour admettre que ces hypo ou ces hyperfonctionnements entretenus pendant de nombreuses générations successives aient pu devenir de véritables caractères raciaux. » (M. Fontaine.)

L'étude des animaux domestiques donne des exemples d'évolution qui prennent parfois les caractères d'une véritable orthogenèse. Les accroissements de la taille, du poids, de la vitesse sont parfois cités dans ce sens. Ce sont là cependant des exemples assez mal démonstratifs car ces caractères n'ont pas encore pris une importance qui dépasse manifestement les possibilités des génotypes primitifs et il n'est pas *a priori* impossible que la sélection ait suffi a obtenir une manifestation plus constante, plus régulière des gènes dont ils dépendent.

Mais en présence de la production laitière, une telle explication devient inacceptable. Comment admettre en effet que les productions records actuelles puissent résulter uniquement de la sélection des génotypes primitifs? Lorsqu'elle s'adresse à une race inculte, primitive, la sélection permet d'obtenir une amélioration de la production d'abord assez rapide mais qui se ralentit bientôt. Comment le progrès est-il possible si nous supposons qu'il y a uniquement sélection de génotypes? Il faut attendre qu'une mutation opportune permette de sortir de l'impasse. Il est indéniable que de telles mutations existent : il en est qui constituent par leur importance de véritables faits historiques. Or ces mutations qui se traduisent finalement par une augmentation de la production laitière, exigent primordialement, par synergie fonctionnelle, des mutations concomittantes d'autres fonctions, assimilation digestive, respiration, circulation, etc. Il est bien difficile d'admettre que le hasard permette un tel enchaînement de mutations favorables. Il semble tout de même plus rationnel de nous baser sur ce que nous savons des mécanismes régulateurs des relations entre les organes que réalisent les hormones.

En ce qui concerne la sécrétion lactée, le fonctionnement plus actif de la mamelle consécutif à la traite, déterminerait la production d'hormones qui agiraient sur l'organisme et sur la mamelle elle-même. Or Cunningham suggère qu'un organe activé par un fonctionnement plus énergique sécrète des hormones qui viennent exciter dans le germen des rudiments d'où naîtront ces mêmes organes chez les individus de la génération suivante, et ainsi le processus se poursuit. C'est là réhabiliter en quelque sorte le rôle de la gymnastique fonctionnelle dont l'importance avait été soulignée, peut-être avec un peu d'excès, par les zootechniciens du siècle passé, mais dont le mécanisme se trouve ainsi éclairé par les recherches physiologiques récentes.

Ainsi une cause extérieure, mécanique dans cet exemple, peut déterminer une spécialisation physiologique de plus en plus prononcée au cours des générations et se traduisant finalement par la formation d'une lignée où nous retrouvons les caractères de l'orthogenèse dans le fait que la mamelle et la production laitière acquièrent un développement tout à fait disproportionné avec les besoins propres des animaux.

Mais les exemples précédents ne correspondent certainement pas à toutes les circonstances qui se sont présentées au cours de l'évolution; ce ne sont même que des cas tout à fait particuliers et il est vraisemblable que, dans son ensemble, l'évolution se rattache à des causes d'ordre très général qui ont dû jouer un rôle fort important.

Une action du milieu sur l'organisme est parfaitement concevable par l'intermédiaire des hormones puisqu'il est démontré que la formation de celles-ci est influencée par le milieu extérieur : les expériences sur les auxines végétales sont très démonstratives à cet égard. Mais l'action excitatrice ou freinatrice des hormones ne varie pas seulement avec les conditions du milieu mais aussi avec les caractè-

res de l'organe récepteur lui-même. Or le développement propre de celui-ci est régi par des gènes qui ont une vitesse d'action spécifique que Goldsmith a montré être influencée par diverses conditions extérieures, la température par exemple. Ces variations dans la vitesse d'action des gènes se traduisent par de graves modifications dans la croissance relative des organes, ce qui a d'importantes conséquences au point de vue évolutif, conséquences que j'ai étudiées ailleurs relativement à l'évolution des Primates, mais qu'il convient aussi d'examiner en ce qui concerne la formation des lignées orthogénétiques.

De l'ensemble des lignées orthogénétiques connues, et elles sont nombreuses et portent sur tous les niveaux de l'échelle zoologique, se dégage une constatation soulignée d'abord par Cope, puis par Déperet, mais dont l'intérêt évolutif n'a été mis en valeur que par le Docteur Devaux : au cours de leur évolution ces lignées manifestent toujours un accroissement de la taille, ou plus exactement du format des individus. Le Docteur Devaux rattache avec beaucoup de vraisemblance ce fait à des variations des vitesses de la croissance et du développement qu'il considère comme d'origine différente et indépendante; le développement peut être long ou court et pendant ce temps la croissance peut être rapide ou lente, ce qui entraîne des conséquences importantes pour le développement physiologique et morphologique des individus adultes.

Au cours du développement, il y aurait en effet une véritable compétition entre les organes, chacun d'eux subissant l'influence de diverses hormones dont le rôle primordial est précisément d'exciter, d'activer leur développement. La fin de la croissance est marquée par une sorte d'équilibre à peu près définitif entre les organes.

Or il semble bien que l'accroissement de taille au cours de l'évolution, soit solidaire d'un ralentissement de la vitesse de croissance. Ce ne peut être là qu'une hypothèse puisque nous n'avons évidemment aucune précision sur la durée du développement d'êtres que nous ne connaissons qu'à l'état de fossiles. Nous pouvons seulement dire que la comparaison avec les observations des animaux actuels donne des indications concordantes et vraisemblables.

Ainsi nous ne possédons aucune donnée sur la durée de gestation et de croissance de l'Echippus, ancêtre des Equidés qui était de la taille d'un Lapin. Mais nous sommes certains qu'aucun Mammifère actuel de cette taille n'a une gestation de un an, ni une durée de développement de quatre à cinq ans, correspondant à celles de nos Chevaux.

Dans ces conditions, nous sommes fondés à admettre que les animaux du type Cheval ont, depuis les temps tertiaires, vu s'accroître considérablement la durée de leurs phases embryonnaire et fœtale et celle de leur enfance; autrement dit l'allure de leur développement s'est certainement ralentie dans des proportions énormes tandis que leur taille s'accroissait. Or c'est là un fait très général observé dans les nombreuses séries animales qui ont été étudiées, ce qui permet de penser qu'un ralentissement progressif des allures des développements individuels a présidé aux grandes transformations animales et a gouverné, pour ainsi dire, l'évolution des organismes.

Pour comprendre comment ce ralentissement des allures de développement peut avoir favorisé les orthogenèses, il nous suffit d'admettre que si les allongements des durées de croissance favorisent avant tout les organes déjà en suractivité de développement, ceux qui sont à croissance lente n'ont qu'à y perdre car plus la durée de la croissance générale s'allonge, plus les effets de la lenteur se font sentir, ce qui se traduit finalement dans les faits constituant les phénomènes d'hypertélie.

Si nous supposons que certains organes acquièrent pour des causes diverses une plus grande énergie de croissance, représentée par une activation supérieure due aux hormones par exemple, il en résulte pour eux des conditions meilleures d'apport nutritif, aussi tendent-ils à s'hypertrophier et ils deviendraient vite plus forts et beaucoup plus grands que la normale si l'état adulte ne se manifestait pas pour leur interdire de tels excès. Mais si un ralentissement de la croissance survient pour une cause quelconque et retarde l'apparition de l'état adulte, ces organes continuent à prospérer, ils deviennent disproportionnés, parfois plus nuisibles qu'utiles et peuvent même entraîner indirectement la mort.

Il est d'autre part manifeste que lorsque nous examinons une des nombreuses lignées orthogénétiques caractérisées par le développement dysharmonique d'un organe, nous avons nettement l'impression d'une activité désordonnée, d'une croissance tumultueuse ayant échappé à leur régulateur normal représenté, dans l'état actuel de nos connaissances, par les sécrétions hormonales.

Ainsi, à l'origine des orthogenèses, nous pouvons concevoir un déséquilibre du système hormonal, déséquilibre qui peut prendre son origine dans des actions extérieures et porter soit sur la formation des hormones elles-mêmes, soit sur les organes récepteurs. Ce déséquilibre, d'abord faible, irait en s'accentuant avec le ralentissement de la vitesse de crois-

sance, ce qui permet d'autre part d'interpréter les nombreuses observations qui sont à la base de la loi dite de l'amorcement.

Nous entrevoyons ainsi un mécanisme, sans doute n'est-ce pas le seul, qui permet au milieu extérieur de déterminer l'apparition de nouveaux caractères dans les organismes. Mais, et ceci est essentiel, ces caractères sont d'abord physiologiques et secondairement morphologiques puisque ces derniers ne résultent pas d'une action directe du milieu sur la forme même, mais d'une réaction propre de l'organisme suscitée par le milieu. L'action morphogénétique du milieu ne serait ainsi que secondaire et ne se produirait que par l'intermédiaire du milieu intérieur : c'est ce qui explique l'impossibilité de transmission des mutilations.

Dans ces conditions, les modifications produites semblent bien pouvoir être quelconques, c'est-à-dire ne pas se traduire nécessairement par des caractères correspondant à ce que nous considérons comme des adaptations. La sélection peut intervenir dans la suite, mais nous avons vu qu'il n'en est pas nécessairement ainsi.

Quoi qu'il en soit, les mécanismes mis en jeu sont extrêmement complexes et nous ne faisons que commencer à en démêler l'enchaînement. Le peu que nous en connaissons suffit cependant à expliquer la difficulté des expériences à instituer pour confirmer les hypothèses précédentes. Il nous est en effet souvent impossible d'établir la relation entre les causes réellement actives, que nous ignorons encore, et les nouveaux caractères dont nous constatons l'existence. Lorsque ces relations seront correctement établies, il faudra vraisemblablement reviser nos conceptions concernant les accommodats, caractères germinaux, somations, mutations... Ce n'est que lorsque ces termes seront définis en dehors de toute hypothèse que le problème des caractères acquis pourra être résolu.

Ed. Dechambre.

BIBLIOGRAPHIE

M. Aaron et Grassé : *Biologie animale.* — Masson, Paris.

M. Blain : *Traité de Zootechnie générale. - T. I : Génétique générale.* — Vigot, Paris.

L. Cuénot : *L'Adaptation.* — G. Doin, Paris.

L. Cuénot : *L'Espèce.* — G. Doin, Paris.

P. Dechambre : *Traité de Zootechnie générale.* — Librairie agricole de la Maison Rustique, Paris.

Ed. Dechambre : *Du Dressage à l'Instinct.* — Bull. Sté Nale d'Acclimatation, 1942.

Ed. Dechambre : *L'Evolution des Primates et la Théorie de la Fœtalisation* Mammalia. T. XII, n°s 1-2..

E. Devaux : *Trois problèmes : l'Espèce, l'Instinct, l'Homme.* — E. Lefrançois, Paris.

M. Fontaine : *Activités endocriniennes et sensibilités aux avitaminoses de divers types humains.* — Société d'Anthropologie de Paris, T. III, 9e série, 1942.

E. Guyénot : *L'Hérédité.* — G. Doin, Paris.

E. Guyénot : *La Variation et l'Evolution.* — G. Doin, Paris.

Maresquelle : *Aspects actuels du problème de l'influence du milieu chez les plantes.* — *Revue Générale des Sciences,* 1946, 5-6.

H. Pieron : *Psychologie zoologique.* — Presses Universitaires de France, Paris.

bibliographie

BRITISH CHEMICALS AND THEIR MANUFACTURERS (Produits chimiques britanniques et leurs fabricants). — Un vol. relié de 141 pages. Edit. : Association de fabricants britanniques de produits chimiques, Londres, 1949.

Ce livre est publié par l'Association de Fabricants britanniques de Produits chimiques (siège social : 166 Piccadilly, Londres W. I.). Il a pour but de fournir aux acheteurs de toutes les parties du monde des renseignements sur tous les produits fabriqués par l'Association.

Cette dernière n'est pas une entreprise commerciale et ne tire aucun profit des affaires traitées par des membres. Elle ne s'immisce en aucune façon dans les combinaisons commerciales de ses membres et ne cherche en aucune manière à les détourner de traiter leurs affaires, soit directement, soit en se servant de négociants ou d'autres intermédiaires établis. Tous les membres de l'Association sont réellement des fabricants britanniques de produits chimiques et tous ont déclaré formellement qu'ils fabriquent vraiment les produits mentionnés sous leurs noms.

Toutes les fois que des personnes se proposant de faire une acquisition éprouveront une difficulté quelconque à se procurer un article particulier, celles-ci sont priées de se mettre immédiatement en rapport avec l'Association, qui fera les enquêtes nécessaires pour fournir les renseignements demandés.

L'ouvrage est envoyé gratuitement à tous ceux qui en feront directement la demande au siège de l'Association.

E. CATTELAIN.

CHAPAS (G.) et CHARMETANT (C.). — Chimie minérale. Deuxième partie (Métaux). — Un volume in-8° raisin de 312 pages. Edit. Emmanuel Vitte, Paris-Lyon, 1949. Broché : 800 francs.

Dans une première partie, les auteurs, professeurs à la Faculté catholique des Sciences de Lyon, avaient étudié les métalloïdes typiques dits **électronégatifs** ou mieux **électrophiles,** qui sont essentiellement **anionogènes.** Cette deuxième partie est exclusivement consacrée aux métaux, éléments **électropositifs,** puisque l'extraction d'un ou de plusieurs électrons de la couche périphérique de leur atome est facile, et qui sont surtout **cathionogènes.**

Ce cours de Chimie est le fruit d'une collaboration de deux maîtres qui ne sont pas à leurs débuts. Tous deux professent depuis plusieurs années le programme de la licence ès sciences, du M. P. C. et S. P. C. N., et savent, par une longue pratique. ce qui, en chimie, est utile et nécessaire à la formation des esprits qui leur sont confiés. Dans la tâche commune, chacun a apporté le fruit de sa propre expérience.

L'ouvrage de MM. Chapas et Charmetant est destiné plus spécialement aux étudiants des Facultés des Sciences et aux élèves de Mathématiques spéciales. Mais s'il répond aux exigences des programmes officiels, il s'adresse aussi à tous ceux qui désirent avoir, en pénétrant dans le domaine de la Chimie, un aperçu étroit des liens existant entre la Science pure et ses applications immédiates.

E. CATTELAIN.

DENIZOT (G.). — Leçons sur les temps quaternaires. 1 vol. in-4°, ronéotypé, 125 pages. Paris, 1949 (C.D.U. éditeur). Prix : 350 francs.

Une publication sur le Quaternaire ne laisse jamais les Préhistoriens indifférents, non plus qu'une partie des Géologues. De plus, la compétence particulière de leur auteur attire l'attention sur les « leçons » de M. G. Denizot.

Cette compétence, due à une longue pratique, a rendu M. Denizot fort prudent vis-à-vis des hypothèses trop hardies des préhistoriens ; elle le ramène, par une sorte de réaction, jusqu'aux anciennes classifications de Boule : Villafranchien inclus dans le Pliocène, chronologie extrêmement courte (50.000 ans pour toute la Préhistoire), une seule faune chaude suivie d'une seule faune froide, deux glaciations certaines seulement (Riss et Würm), etc. Tout ceci ne manquera pas de soulever des discussions fécondes.

Du travail de G. Denizot il se dégage un certain nombre de points :

1° Un glaciation n'a pas pour cause un refroidissement, mais une augmentation des précipitations atmosphériques aux hautes altitudes et latitudes. Le froid, au contraire, met fin à la glaciation (absence de glaciers au pôle du froid, en Sibérie) ;

2° La glaciation rissienne ne correspond pas à une période très froide, en dehors de la zone glaciaire proprement dite (?).

3° Les phénomènes glaciaires sont universels, puisqu'ils sont sensibles non seulement dans les régions circumpolaires, mais en Afrique tropicale, en Nouvelle-Guinée et en Equateur.

4° L'eustatisme glaciaire est un fait admis. La régression würmienne étant plus importante que celle du Riss, alors que la glaciation était moins étendue dans l'hémisphère Nord, il est à présumer qu'un maximum de glaciation se trouvait dans l'hémisphère Sud. Les inlandsis du Nord ont tous disparu (sauf celui du Groenland), celui de l'Antarctide est resté immense.

5° Les terrasses ont une répartition universelle, mais leur altitude peut varier pour des raisons épirogéniques locales. De tels mouvements, accompagnés de plissements et de fractures, ont eu lieu très récemment, juste avant le Moustérien.

R. FURON.

FAHRAEUS (Gösta). — Studies in the Cellulose Decomposition by Cytophaga. Symbolae botanicae Upsalienses, 1947, IX : 2, 128 p., 32 graphiques, 2 pl. (= 7 photos). Texte et résumé en anglais.

Le but de ce travail est d'apporter quelque lumière sur la décomposition de la cellulose par **Cytophaga,** groupe bactérien qui provoqua des discussions et des controverses depuis sa découverte par Hutchinson et Clayton, en 1919. Fahraeus utilise **Cytophaga 3,** isolé d'un sol de jardin en 1937, et **C. globulosa** (de Stapp et Bortels, 1934) isolé de la litière d'une Hêtraie. Il décrit sa technique d'isolement, de culture des bactéries, de dosage de la cellulose résiduelle après attaque par ces organismes. Ca et Mg paraissent stimuler la croissance de **C. 3,** l'optimum ionique se situant vers la neutralité (amplitude 5,5-8,5). **C. 3** forme des quantités considérables de thiamine, substance qui stimule sa croissance initiale. On éprouve quelques difficultés à cultiver les bactéries sur agar en présence de papier filtre; est-ce la nature de la cellulose qu'il faut incriminer ou la présence de Fl dans le papier? Aussi l'ouate de cellulose fut-elle employée dans la plupart des expériences. Le **Cytophaga 3** est capable de se développer sur des solutions de glucose de 0,25 à 0,5 p. 100 et des expériences quantitatives furent effectuées avec présence simultanée de glucose et de cellulose : le glucose est préféré comme source

de C.: en effet, une « décomposition vigoureuse » de cellulose est stoppée par addition de larges quantités de glucose; mêmes résultats avec **C. globulosa.** Les discussions relatives à l'action inhibitrice de hautes concentrations de glucose ne peuvent recevoir de réponse définitive. Le processus de décomposition de la cellulose est l'hydrolyse et, pour ces expériences, l'auteur préfère **C. globulosa.** Il emploie comme substrats la lichénine et la cellophane. L'activité de la lichénase est opt. pour un pH voisin de la neutralité, activée par les ions Mg, retardée (non inhibée) par le glucose. L'activité des bactéries semble stimulée en soumettant les cultures alternativement au gel et au dégel. La dialyse diminue fortement l'activité de l'enzyme. Les préparations de **Cytophaga** hydrolysent facilement le cellobiose (pH opt. à peu près le même que pour lichénine et cellophane). Résultats négatifs avec d'autres hydrates de C que le glucose : dextrine, salicine, tréhalose, raffinose, maltose, etc. Parmi les faits avancés antérieurement par les expérimentateurs, certains sont confirmés, d'autres précisés. Plusieurs résultats sont nouveaux. Toutes les questions n'ont pas reçu de réponse définitive. Six pages de références bibliographiques. Impression et présentation soignées.

P. JOVET.

HOAGLAND (D. R.). — Lectures on the inorganic Nutrition of Plants (Prather Lectures at Harvard University). — Coll. A New Ser. of Pl. Sc. Books, vol. XIV, 2e éd., 1948, Waltham, Mass., U. S. A., the Chronica Botanica Co.; à Paris VI, chez H. Le Soudier; pr. $ 4.50; 226 p., 28 pl., 44 fig. (surtout diagrammes).

En exposant plusieurs des aspects importants de la Nutrition des plantes, l'auteur se propose et montre que, du fait même que la plante fait partie d'un système complexe (sol-plante-atmosphère), les problèmes que pose sa nutrition sont complexes et qu'il est nécessaire, pour les étudier, de faire appel aux méthodes et techniques de plusieurs disciplines. Ce volume réunit sept conférences. - 1. Vue d'ensemble des problèmes : Nutrition et sol (solutions, colloïdes); croissance et acidité et alcalinité du sol; influences climatiques. - 2. Croissance et éléments chimiques « micronutritifs » : rôle des microéléments qui, jusqu'à une époque récente, n'étaient pas considérés comme nécessaires à la croissance des plantes (Molybdène, Bo, Zn); étude spéciale de l'action du Zn. Relations entre éléments chimiques des plantes et alimentation des animaux. - 3. Absorption et accumulation des sels par les cellules végétales (notamment dans **Nitella**), accumulation des sels et métabolisme (principalement dans les racines de l'Orge). - 4. Ascension et distribution de solutions inorganiques dans la plante. Rapports entre l'absorption des sels et l'absorption de l'eau. Expériences sur l'exsudation, la transpiration, etc. - 5. Conditions à réaliser dans les milieux servant à la culture artificielle (aération des solutions nutritives, etc.); emplois divers de ces cultures. - 6. Etude de quelques problèmes biochimiques en rapport avec l'absorption des sels; absorption des sels et acides organiques, absorption d'azote et métabolisme; métabolisme (en particulier des protéines) et accumulation d'ions. - 7. Le dernier cours a pour but d'« illustrer », d'éclairer les problèmes que pose le système sol-plante-atmosphère à l'aide des aspects que revêt la nutrition en K (fourniture de K par le sol; rôle de K dans les solutions; relations entre K, Ph, N, etc. Cet ouvrage est une mise au point des travaux surtout effectués aux U. S. A.; un seul auteur français est cité (p. 47) : Mazé (pour ses recherches sur les « influences respectives des éléments de la solution minérale sur le développement du Maïs »).

P. JOVET.

HOLM (Ake). — Studien über die Entwicklung und Entwicklungsbiologie der Spinnen. (Etudes sur le développement et la biologie du développement des Araignées.) — Zoolog. Bidrag fr. Uppsala; Bd. 19; 1940; 214 p.; 48 fig.; 11 pl.

L'auteur a suivi le développement embryonnaire et post-embryonnaire de nombreuses espèces d'Araignées appartenant à vingt-deux familles.

Il présente dans la première partie de son ouvrage le résultat de ses recherches sur le développement embryonnaire et la morphologie de l'embryon. Il y montre notamment qu'il existe chez toutes les Araignées un blastopore plus ou moins net, qui se ferme en général avant l'apparition de la segmentation. Une correspondance entre ce blastopore et l'anus est très vraisemblable. Les araignées du genre **Segestria** présentent un type de développement très primitif à beaucoup d'égards, dont certains caractères sont fort comparables à ceux du développement des Onychophores. D'ailleurs, on constate dans les traits généraux du développement des Araignées et des Onychophores suffisamment de points communs pour admettre comme très vraisemblable la parenté de ces deux groupes.

La seconde partie de ce travail est consacrée à des études morphologiques et biologiques sur le développement post-embryonnaire. Après avoir décrit chez de nombreuses espèces les types très variés de structure du cocon, et les mécanismes d'éclosion de l'œuf, l'auteur s'est surtout attaché à l'étude de ce qu'il appelle le « développement post-embryonnaire précoce ». Ce développement, qui s'effectue toujours à l'abri du cocon, est caractérisé par la succession de stades « incomplets », séparés par des mues, et typiquement au nombre de quatre. Le premier de ces stades, très bref, parfois aussi le second, ont souvent lieu avant l'éclosion de l'œuf. Un certain nombre de caractères morphologiques permettent de reconnaître chacun des stades incomplets, et de les distinguer des stades complets qui se produisent ensuite. Alors que ces derniers dépendent pour leur nombre de la taille définitive de l'Araignée adulte, les stades incomplets sont liés à la position systématique. De ce fait, leur étude est particulièrement intéressante, d'autant plus qu'on y retrouve des traces de la segmentation embryonnaire, notamment en ce qui concerne l'abdomen.

Plusieurs tableaux indiquent les durées des différents stades post-embryonnaires pour de nombreuses espèces à une température donnée, et l'influence de différentes températures sur ces durées chez quelques espèces.

J. CARAYON.

INGLADA (V.). — Metodos para la resolucion de los problemas geometricos. — Dossat, Madrid, 1948. 480 francs.

Recueil réalisé par son auteur avec une haute distinction, qui n'exclut pas les facilités données au lecteur. D'une manière très large, celui-ci est mis à même d'apprécier ce qu'on peut attendre, dans la recherche des problèmes de géométrie, de diverses techniques : opérations vectorielles, théorie des groupes, etc. Figures nombreuses, excellente présentation typographique.

G. BOULIGAND.

LEROI-GOURHAN A. — Archéologie du Pacifique Nord. Travaux et Mémoires de l'Institut d'Ethnologie-XLVII. Musée de l'Homme, Paris 1946. Un volume 18×28 de 514 pages avec appendice et index, 42 cartes et 1.148 figures. Bibliographie importante. Prix : France et Colonies : 600 francs ; Etranger 700 francs.

Ce très important ouvrage marque un grand effort de synthèse de l'Archéologie de l'immense région représentée par le Pacifique Nord. Dans la première partie l'auteur traite des grands problèmes généraux concernant le terrain de la recherche et examine les migrations humaines, les emprunts, les convergences, les éléments comparatifs, les passages et la navigation indigène. Ensuite, après avoir défini les régions archéologiques, l'auteur les étudie successivement en en dressant un tableau d'ensemble avec l'indication des principaux gisements étudiés et en les reliant chronologiquement. Très objectivement, l'auteur signale les lacunes et points faibles de la chronologie ainsi établie.

La seconde partie est consacrée à l'étude de dix-huit thèmes techniques « Pour ces thèmes, dans les limites de quelque deux mille ans, on possède une sécurité assez grande.

ils révèlent assez de détails sur les mouvements des objets, sinon des hommes, autour du Pacifique Nord, pour que, malgré toutes les réserves que dicte la prudence, l'avenir des recherches historiques sur le passage septentrional d'Asie en Amérique, apparaisse sous un jour favorable. » Cette étude faisant table rase de toutes les théories ne s'appuie que sur les faits scientifiquement contrôlables, et c'est avec une réelle maîtrise que l'auteur, grand spécialiste de la technologie réussit à exposer clairement les variations des objets et outils et leurs localisations.

C'est là une base des plus sérieuses, établie avec une scrupuleuse conscience scientifique et qui peut servir de point de départ à des travaux consacrés à une partie du monde qui a vraisemblablement constitué une des grandes voies de migration.

J. CHAUX.

LÉVY (Paul). — Processus stochastiques et mouvement brownien. — Suivi d'une note de M. Loève. Collection des Monographies des Probabilités publiées sous la direction de M. E. Borel. Fasc. VI. Un vol. 365 p., Paris, 1948, Gauthier-Villars édit. Prix : 3.200 francs.

Un processus stochastiques en calcul des probabilités est un procédé de définition d'une fonction aléatoire X (t) du temps t dans lequel le hasard intervient soit à chaque instant soit à des instants déterminés ; la connaissance de X (t) depuis un instant initial t_0 jusqu'à un instant t_1 ne détermine pas la valeur de cette fonction dans l'intervalle $(t_1, t_1 + \tau)$ qui, soit reste complément aléatoire, soit reste soumise à l'influence du hasard à certains instants donnés à l'avance t_1, t_2. Parmi ces processus, on considère notamment les processus de Markoff dans lesquels les probabilités actuelles des événements futurs ne dépendent que de t et de X (t) ; le passé n'agit sur l'avenir que par l'intermédiaire du présent. Ces processus s'opposent aux processus dit héréditaires dans lesquelles le passé agit directement sur l'avenir. Lorsque la définition de la fonction aléatoire X (t) est invariante par le changement de t en t+h, h étant une constante quelconque le processus est dit stationnaire. Si la loi qui régit l'accroissement $X(t_1) - X(t_0)$ ne dépend que de t_0 et de t_1, le processus stochastique est dit additif. Ce cas est en particulier celui d'une schématisation qui représente bien les propriétés du mouvement brownien réel observable à une échelle assez petite, mais non infiniment petite, et qui suppose que les mêmes propriétés subsistent à n'importe quelle échelle.

L'ouvrage de M. P. Lévy nous présente dans une étude générale des processus stochastiques les nombreux résultats qu'il a obtenus au cours de ses recherches, de 1934 à 1939, sur les processus additifs et le mouvement brownien et que prolongent les travaux d'une brillante école de jeunes mathématiciens français. Après avoir examiné au chapitre I divers exemples de processus additifs et homogènes dans le temps, le chapitre II introduit, discute les définitions générales des processus stochastiques et expose les principales propriétés de ces processus, des fonctions aléatoires et des équations différentielles stochastiques. Les chapitres III, IV et V étudient en détail les propriétés des processus de Markoff, des processus stationnaires, et des processus additifs, tandis que les chapitres VI, VII et VIII sont consacrés à la discussion approfondie des particularités des mouvements browniens (mouvements browniens, linéaires, plans, à plusieurs paramètres).

Une note importante de MM. Loève sur les fonctions aléatoires du second ordre (covariances, propriétés générales des fonctions aléatoires du second ordre, fonctions aléatoires à caractère exponentiel) complète cet ouvrage.

G. PETIAU.

G. F. LOTHIAN. — Absorption Spectrophotometry. 1 vol. 19 6p., 71 fig., Hilger et Watts, Ltd édit., London, 1949. Prix 26 Sh.

Cet ouvrage, nouvelle édition étendue et complète de The practice of Absorption Spectrophotometry with Hilger Instruments, de MM. F. Twyman et C. B. Allsopp, expose les principes, les méthodes et les techniques de la spectroscopie par absorption en insistant sur la description et les méthodes d'emploi des instruments que construit la firme Hilger.

Après avoir rappelé les principes de la spectroscopie moléculaire et la portée de la loi de Beer, l'auteur discute, dans la première partie, les conditions de la précision dans les mesures spectrophotométriques et les méthodes de calcul permettant l'application de la spectrophotométrie à l'analyse quantitative. La seconde partie examine quelques applications simples de la spectrophotométrie : relations entre absorption et structure moléculaire, application à l'analyse chimique, application biologiques et biochimiques. La troisième partie développe d'une façon détaillée la technique de la spectrophotométrie utilisant les appareils Hilger : spectrophotométries visuelle, photographique, photoélectriques, à détecteurs thermiques pour l'infra-rouge, étude des sources lumineuses, des cellules, des substances étalons.

G. PETIAU.

MELIN (Douglas). — Contributions to the knowledge of the flight of insects (Contributions à la connaissance du vol des insectes). — Uppsala Universitets Arsskrift, 4, 1941; 247 pp.; 26 fig.; 2 pl.

Depuis plus de deux cents ans, de nombreux chercheurs ont essayé en vain d'élucider la signification physiologique exacte des haltères, qui correspondent aux ailes postérieures chez les insectes diptères. Melin pense que ces tentatives infructueuses ont résulté de problèmes mal posés, et il reprend ici l'étude de la question des mécanismes du vol chez les insectes, et du rôle joué par divers types d'organes sensoriels dans le vol.

Après avoir étudié en détail dans un des premiers chapitres les mécanismes du vol chez divers insectes, et le fonctionnement aérodynamique de l'aile, il passe, après une description morphologique et structurale des haltères des Diptères, à la partie essentielle de son travail : l'étude anatomique, histologique et physiologique des organes sensoriels existant sur les ailes et les haltères. Ces organes sont essentiellement les organes campaniformes, et les organes chordotonaux; ils sont le point de départ de réflexes importants permettant un vol équilibré et orienté.

Dans le vol, les ailes présentent deux fonctions; d'abord la fonction mécanique, ensuite la fonction sensorielle dont l'importance ne peut être négligée. Les haltères ont perdu la première fonction, mais conservent la seconde, et interviennent à ce titre dans le vol.

Après un chapitre consacré à l'étude du système nerveux thoracique et aux principaux réflexes intervenant dans le vol, l'auteur consacre de nombreuses pages aux observations expérimentales faites pour élucider la fonction des haltères. Il expose les résultats obtenus par différents expérimentateurs avant lui, puis les résultats de ses propres expériences. Il montre notamment que la destruction partielle ou totale des haltères a des effets fort différents suivant les groupes de Diptères; les uns ne peuvent plus voler (Asilides et Syrphides) tandis que d'autres se montrent peu affectés par la privation totale de leurs haltères (Tiplides et Bombylides, par exemple).

Un exposé critique des différentes hypothèses émises au sujet de la fonction des haltères termine l'ouvrage. D'après l'auteur, les réflexes partant des organes sensoriels des haltères maintiennent le tonus des muscles intervenant dans le vol. Ce maintien ne serait pas actif (pas de rôle stimulant réel) mais passif, et l'auteur compare le rôle des haltères à celui d'une valve de chambre à air; cette valve, intacte et fermée, la pression de l'air dans la chambre reste constante; elle baisse aussitôt que la valve est ouverte ou détruite.

J. CARAYON.

OBERT (Edward F.). — Thermodynamics. — Mac Graw-Hill Book Company, New-York, 1948, 570 pages. 30/6.

Cet ouvrage comprend un exposé de la thermodynamique classique présenté de manière à conduire aussi progressivement et aussi naturellement que possible de la théorie pure aux applications pratiques : machines à vapeur, machines à gaz, machines frigorifiques.

L'auteur cherche plutôt à faire comprendre la succession logique des concepts fondamentaux qu'à donner des démonstrations rigoureuses, et il s'étend, avec raison, sur l'étude des propriétés des fluides : gaz parfaits, gaz réels, vapeurs, mélanges de gaz et de vapeur, avant d'aborder les calculs thermochimiques et l'exposé de la troisième loi de la thermodynamique.

La lecture de cet ouvrage est facile et l'auteur arrive de proche en proche à mettre à la disposition des étudiants une somme de connaissances plus que suffisante pour permettre l'étude détaillée des applications pratiques.

Les nombreux abaques rassemblés dans un appendice sont très judicieusement choisis et assez variés pour donner un aperçu de tout l'outillage thermodynamique créé par les savants et les ingénieurs.

En résumé, l'ouvrage de M. Edward F. Obert constitue, en même temps qu'un traité scientifique assez développé et très précis, un exposé technique pouvant être utilisé avec grand profit par des ingénieurs de bureau d'études.

M. PARODI.

PERRIN (Jean). — La Science et l'Espérance. Préfaces de Louis de Broglie et Léon Blum. — Nouvelle Collection Scientifique. Directeur : E. Borel. Un vol. XXXV-216 pp, 1 pl. hors texte. Paris, 1948. Presses Universitaires de France. Prix : 360 francs.

Ce volume rassemble, à la suite de deux notices, l'une sur la vie et l'œuvre scientifique de Jean Perrin par M. Louis de Broglie, l'autre sur Jean Perrin organisateur de la recherche scientifique française et militant du parti socialiste, par Léon Blum, une série de textes : préfaces, extraits d'ouvrages, discours, choisis parmi l'œuvre de M. Jean Perrin.

Bien que ces textes se rapportent à des sujets très variés : exposés scientifiques sur des questions diverses allant des processus atomiques aux hypothèses sur l'avenir de l'univers, portraits d'hommes de sciences ou d'hommes de lettres, articles et discours sur la recherche scientifique, l'enseignement, la défense de la démocratie et de la paix, la guerre et la lutte pour la Libération, on trouvera dans tous, dans le même style clair et harmonieux, l'expression de la croyance profonde qu'avait Jean Perrin en la possibilité de réaliser à la fois le progrès moral et le progrès social par le progrès scientifique dans la liberté.

G. PETIAU.

RUTHERFORD (D. E.). — Substitutional analysis. — Un grand in-8° cartonné de XII-103 pp. Edinburgh University Press, 1948. 25 sh.

Ce livre coordonne d'anciennes recherches d'Alfred Young, faites vers le début de ce siècle, à partir d'équations portant sur des substitutions inconnues, introduites par la théorie des invariants, recherches qui l'avaient conduit de proche en proche à des questions difficiles gravitant autour de la réduction du groupe symétrique. Ce sujet, dont l'algèbre de Van der Waerden (vol. 2) établit la connexion avec la théorie des idéaux, est ici présenté d'une manière élémentaire, en tablant seulement sur les parties les plus usuelles de la théorie des groupes et de la théorie des matrices.

G. BOULIGAND.

SOUEGES (R.). — Embryogénie et classification. 3e fasc. **(Essai d'un système embryogénique ; partie spéciale, première période du système).** Un fasc. de 106 pages. Hermann, édit., Paris.

Les travaux auxquels s'est consacré M. Souèges, depuis quarante ans, ont rénové l'embryogénie végétale. Ses travaux, ceux de ses élèves, ceux qui ont été provoqués par ses publications, ont permis d'amasser un nombre considérable de faits qui éclairent le passage de l'œuf à l'embryon et qui permettent dès maintenant de fécondes comparaisons, entre espèces d'une même famille, entre les diverses familles, entre les divers ordres du monde végétal. Sur ces faits, un essai de classification embryogénique peut être établi, que les travaux ultérieurs compléteront.

Dans une publication antérieure (essai d'un système embryogénique : partie générale), M. Souèges avait établi les bases de cette classification ; dans celle-ci, il développe l'étude de la première « période » du système proposé.

Cette notion de **période**, M. Souèges la définit par la participation plus ou moins grande que prend la cellule-œuf à l'édification de l'embryon. Appartiennent à la première période tous les cas où l'embryon se développe directement à partir de l'œuf ; à la deuxième, ceux où l'embryon naît d'une cellule-fille de l'œuf ; à la troisième ceux où l'embryon est issu d'une cellule petite-fille de l'œuf, etc...

Dans chaque période, l'auteur distingue des « **mégarchétypes** » d'après les destinées des deux éléments superposés du proembryon cellulaire ; les mégarchétypes se répartissent en « **groupes** » d'après la disposition des éléments dans le proembryon aux stades tétra et octo-cellulaires. Les « **familles** » embryogéniques comprennent les types embryonomiques qui correspondent à un même archétype et à un même groupe.

Le fascicule que nous analysons ici se rapporte à la première période du système. Suivant l'ordre indiqué, M. Souèges, après avoir décrit les mégarchétypes, rappelle les caractères indispensables à leur définition et résume les lois de leur développement, dans des tableaux très clairs qu'accompagnent des dessins particulièrement choisis. Il établit ensuite comment s'apparentent les divers types que l'on peut ranger autour d'un archétype donné.

L'évolution de 112 espèces est décrite dans ce fascicule ; chaque description s'accompagne des indications bibliographiques correspondantes. Ces espèces sont réparties en huit groupes dont certains comprennent des représentants des six mégarchétypes prévus ou seulement de quelques-uns d'entre eux, tandis que d'autres ne renferment que des types plus ou moins irréguliers qui sont probablement des formes de super-position.

A qui étudie les phénomènes embryologiques, cet ouvrage apportera une mise au point riche et précise des résultats dès à présent acquis. Aux botaniques non spécialisés, il permettra de prendre une vue d'ensemble de faits qui leur étaient assez difficilement accessibles, faute précisément du guide que constitue cet ouvrage. Il est à souhaiter que paraissent sans trop tarder les fascicules prévus pour les autres périodes du système.

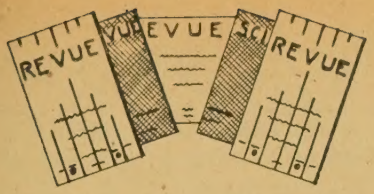
M. MASCRE.

TROOST (L.) et PECHARD (E.). — Traité élémentaire de Chimie. — Masson, Paris, 1948, 24 édition entièrement refondue par G. Champetier. Cart. : 2.000 francs.

Des générations d'étudiants ont utilisé avec fruit le Traité élémentaire de Chimie de L. Troost et Ed. Péchard. Il convenait d'en assurer la réimpression en tenant compte toutefois des progrès considérables réalisés par les sciences chimiques. Aussi la librairie Masson s'est-elle assurée, pour mener à bien cette tâche délicate, le concours d'un savant particulièrement qualifié : M. G. Champetier, Maître de conférences à la Faculté des Sciences, Directeur des études à l'Ecole de Physique et de Chimie de Paris.

Tout en conservant le plus possible de l'ancien texte, ce dernier a tenu à rédiger les nouveaux chapitres ou paragraphes dans l'esprit qui avait présidé à l'élaboration des premières éditions. Il a considérablement développé la chimie générale, ainsi que la chimie organique. Pour ce qui est

(suite page suivante)



les revues

1° SCIENCES MATHEMATIQUES

BULLETIN ON THE AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY, vol. 55, mars-avril 1949. — **J. H. C. Whitehead** : Théorie combinatoire de l'homotopie. — **R. D. James** : Récents progrès dans le problème de Goldbach. — **W. Leighton** : Sur une extension d'une formule de M. Picone. — **G. Sz. Nagy** : Sur la position des zéros d'une fonction $\overline{MA}_1{}^2 \times \overline{MA}_2{}^2 \times \ldots \times \overline{MA}_k{}^2$ et de ses dérivées. — **Th. G. Ostrom** : Solution d'équation intégrales linéaires par les intégrales de Wiener. — **M. O. Gonzalez** : Solution d'équations différentielles ordinaires du 1er ordre invariantes par des transformations de contact. — **A. W. Goodman** : Sur les régions exclues de l'image d'une fonction univalente. — **Hsien Yü Hsü** : Sur la formule intégrale de Sonine et ses extensions. — **Y. N. Dowker** : Sur les théorèmes ergodiques. — **E. Frank** : Propriétés d'orthogonalité des C-fractions. — **H. S. Wall** : Convergence des fractions continues dans des domaines paraboliques. — **T. T. Cheng** : L'approximation normale de la distribution de Poisson; justification de la conjecture de Ramanujan. — **G. B. Myers** : Espace de fonctions continues. — **J. Abdelhay** : Sur un théorème de représentation. — **R. Frucht** : Sur les groupes de graphes répétés. — **E. Hewitt** : Une classe d'espaces topologiques. — **J. W. T. Youngs** : Sur l'additivité cyclique. — **Eckmann, Samelson et Whitehead** : Fibration de sphères par des tores. — **G. S. Young** : Sur les courbes continues irréductibles. — **R. C. Campbell** : Solution simple de l'équation diophantine $x^2+y^2=z^2+t^2$. — **M. Gleason** : Racines carrées dans des groupes localement euclidiens. — **H. N. Shapiro** : Sur un théorème de Dickson.

BULLETIN DES SCIENCES MATHEMATIQUES, 2e série, tome LXXII, septembre-octobre 1948. — **Maurice Parodi**: Sur une application d'un théorème de M. J. Hadamard. — **R. Doss** : Sur l'immersion d'un semi-groupe dans un groupe. — **F. de Franchis** : Sur les trajectoires des problèmes variationnels.

BULLETIN DES SCIENCES MATHEMATIQUES, tome LXXII, novembre-décembre 1948. — **Mlle Simone Lemoine** : Le rôle des directions principales dans l'immersion des surfaces.

BULLETIN DE LA SOCIETE MATHEMATIQUE DE FRANCE. Tome LXXVI, fasc. I-IV. — **E. Cotton** : Sur certains rapprochements entre la géométrie des espaces de Riemann et la Mécanique rationnelle classique. — **V. Lalan** : Les surfaces envisagées dans leurs rapports avec leurs lignes minima. — **M. Decuyper** : Composition des similitudes pla-

---

LES LIVRES (suite)

de la chimie des métalloïdes et des métaux, il a effectué de nombreuses additions et revisions pour tenir compte, notamment, des procédés industriels récents ou des composés nouveaux.

Il n'est pas douteux que le Traité ainsi modernisé fera aimer la chimie à ses lecteurs et, malgré la modestie de son introduction, M. Champetier peut être sûr d'avoir fait œuvre utile.

René TRUHAUT.

VERA (Francisco). — La matematica de los Musulmanes espanoles. — Un vol 13,5×19 de 236 pp. Edit. Nova, Buenos-Aires, 1947. Prix : 6 doll. m. arg. — **Los judios espanoles y su contribucion a las ciencias exactas.** — Un vol 19×20 de 253 pp. Edit. El Eteneo. Buenos-Aires, 1948. Prix : 10 doll. m. arg.

M. Fr. Vera, auteur de nombreux livres d'histoire des mathématiques, est connu surtout par son Histoire des Mathématiques en Espagne (en plusieurs volumes). Ses plus récentes œuvres traitent de l'apport des Arabes et des Israélites d'Espagne au développement des mathématiques Ces deux livres contiennent des chapitres sur l'histoire politique de l'époque, qui permettent de mieux placer la production scientifique dans le cadre historique général. L'exposé de M. Vera a la forme d'une analyse poussée, en donnant souvent des listes des chapitres des ouvrages considérés. Les savants arabes étudiés plus en détail sont Maslama de Madrid (X° siècle); Mohamed Benelleit († 1063), auteur d'un traité sur les triangles scalènes; Ali Abenjalaf (seconde moitié du X° s.), qui appuya son traité d'astronomie pratique sur l'usage du planisphère; Azarquiel (1029-1087?), astronome de grand mérite, qui reconnut que l'orbite de Mercure était un ovale, mais qui n'a pu aller plus loin dans la voie de Képler, parce qu'à son époque on ne connaissait pas les coniques d'Apollonius; Avempace (1082-1128), qui reconnut l'incompatibilité entre les systèmes d'Aristote et de Ptolémée; Abusalt de Denia. Le XII° siècle est exposé bien plus sommairement; à peine quelques notes sur Averroës (1126-1198) ou Alpetragi. La chapitre sur les progrès de la trigonométrie nous évoque l'œuvre de Geber (probablement XII° s.). Au moment où commence à s'accentuer la décadence du pouvoir des musulmans, au XII° ou au XIII° s., vécut probablement Abenbeder, dont l'algèbre théorique et pratique contient une classification et une étude de l'équation du 2° degré. Les derniers siècles de domination musulmane virent encore quelques travaux d'algèbre : Abenalbana el Garnati (1256-1323), dont l'œuvre traite des calculs, avec l'indication des sommes des premiers nombres, de leurs carrés et de leurs cubes; on y trouve une curieuse méthode « de la balance ». Enfin, Alcasadi († 1486), à qui l'on doit plusieurs valeurs approchées de la racine carrée.

Le livre de M. Vera sur les mathématiques chez les israélites espagnols présente le même plan général que le précédent : succession d'études analytiques sur les différents savants plus importants : les séphardis; Abraham bar Hija (1070 ?-milieu du XI° s.), connu sous le nom de Savasorde, dont le Liber Embadorum fut traduit en latin en 1116 par Platon de Tivoli; Abraham Ben Esra (Abenesra) († 1167), qui fit faire de grands progrès aux calculs et dont Sarton affirme qu'il connaissait la propriété C ; Salomon Abendoud; Maïmonide; les collaborateurs israélites des tables alfonsines; enfin l'astronome Abraham Tacuto († 1450-1510 ?), auteur d'un Almanach perpétuel qui fut d'une utilité très grande à l'époque des grandes découvertes géographiques du XV° siècle.

P. SERGESCU.

nes. Application aux quadrilatères complets. — **J. Aczel** : Sur les opérations définies pour les nombres réels. — **P. Boos** : Divisibilité des polynômes relativement aux puissances d'un nombre entier. — **B. Gambier** : Sur les tétraèdres dont certaines bihauteurs se rencontrent. — **V. Thébault** : Un chapitre de la Géométrie récente du tétraèdre : symédianes et second point de Lemoine. — **F. Châtelet** : Relations entre l'Arithmétique et la Géométrie sur une quadrique. — **J. Riguet** : Relations binaires, fermetures, correspondances de Galois.

JOURNAL DE MATHEMATIQUES PURES ET APPLIQUEES. Tome 28, fasc. II, avril-juin 1949. — **E. Durand** : Recherches sur la théorie de l'électron de Dirac. — **A. Renyi** : Un nouveau théorème concernant les fonctions indépendantes et ses applications à la théorie des nombres. — **R. Miche** : Sur la réduction à un principe variationnel du mouvement non lent des fluides visqueux.

2° SCIENCES PHYSIQUES

INDIAN JOURNAL OF PHYSICS AND PROCEEDINGS OF THE INDIAN ASSOCIATION FOR THE CULTIVATION OF SCIENCE. T. 22 et 31, n° 11, nov. 1948. — **B. D. Saxena et K. G. Srivastava** : Calcul des constantes piézoélectriques d'un quartz α dans la théorie de Born. — **A. Bose** : Le paramagnétisme des sels des éléments du groupe du fer aux basses températures. - III. Sels ioniques hexacoordonnés des ions Cu^{++} et Fe^{++}. — **N. N. Das Gupta, M. L. De, D. L. Bhattacherya et A. K. Chandhury** : Un nouveau microscope électronique horizontal.

INDIAN JOURNAL OF PHYSICS AND PROCEEDINGS OF THE INDIAN ASSOCIATION FOR THE CULTIVATION OF SCIENCE. T. 22 et 31, n° 12, décembre 1948. — **S. D. Chatterjee et N. K. Saha** : Sur la désintégration des isomères de Br^{80}. — **S. Mull et Y. P. Rao** : Théorie de la convection des cumulus. — **S. Biswas et A. P. Patro** : Application de la théorie de l'émission α à la série radioactive 4 n + 1. — **S. K. Chatterjee et B. V. Sreekantan** : Absorption des ondes d'ultra-hautes fréquences dans les solutions salines. — **S. N. Tewari** : Etude de l'effet Joshi dans la vapeur d'iode en présence de l'iode pulvérulent sous la décharge électrique.

JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM. Tome X, n° 4, avril 1949. — **Mlle G. Albouy et Mme H. Ferragi** : Sur le mécanisme de l'effacement de l'image latente due aux particules chargées. — **R. Bouchez et G. Kayas** : Sur les intensités de rayonnement émis par ^{61}Cu et ^{64}Cu. — **P. Rouard** : Sur les facteurs de réflexion, de transmission et d'absorption des lames métalliques minces. — **M. Riscq** : Ondes planes et ondes sphériques dans les problèmes optiques avec mouvement relatif. Cas d'un miroir mobile illuminé par un faisceau convergent. — **Mme R. Herman et L. Herman** : Emission du spectre moléculaire de l'azote dans une atmosphère d'hélium. — **N. J. Félici** : Machines électrostatiques puissantes.

JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM. Tome X, n° 5, mai 1949. — **Mlle L. Couture et J. P. Mathieu** : Etude des oscillations fondamentales d'un ensemble de groupements atomiques identiques au moyen de la méthode du couplage. — **Mlle L. Couture et Mlle N. Riche** : Etude par l'effet Raman de monocristaux de sulfates acides de potassium et d'ammonium. — **C. Marty et J. Prentki** : La mésodésintégration du deutéron. — **T. Kahan et G. Eckart** : La propagation des ondes électromagnétiques au-dessus du sol. Solution du problème de l'onde de surface.

JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM. Tome X, n° 6, juin 1949. — **P. Langevin** : Sur un analyseur de mobilités pour les ions gazeux. — **B. Kwall** : Les champs potentiels et la transformation de jauge généralisée en théorie des corpuscules à spin. — **A. Moles** : Pourquoi deux violons font-ils toujours plus de bruit qu'un seul. — **M. Parodi** : Remarques sur la stabilité. — **R. Bouchez, P. Daudel, R. Daudel, R. Muxart et A. Rogozinski** : Mise en évidence de l'influence du degré de l'ionisation de l'atome sur la période du nuclide ^{7}Be. — **M. Spighel** : Champ magnétique homogène à limites circulaires. Application à la spectrographie de masse. — **M. Lesage, A. Rogozinski et A. Voisin** : Sur la construction des compteurs Geiger-Müller du type métallique. — **G. Petiau** : Sur les équations d'ondes de la théorie du corpuscule de spin $h/2\pi$ et leurs généralisations.

3° SCIENCES BIOLOGIQUES ET NATURELLES

ANNALES DE GEOGRAPHIE. N° 309, janvier-mars 1949. — **A. Meynier et A. Guilcher** : La XXXI[e] excursion géographique interuniversitaire (30 mars-4 avril 1948). — **J. M. Hubert** : Le modelé désertique dans la vallée inférieure de l'Oued Guir. — **P. Monbeig** : Evolution de genres de vie ruraux traditionnels dans le sud-est du Brésil.

ATTI (Pavie). Série 5, volume VII (2). — **R. Tomaselli** : La pelouse à Aphyllanthes (Aphyllanthion) de la garrigue montpelliéraine.

BULLETIN DE L'ASSOCIATION DES DIPLOMES DE MICROBIOLOGIE DE LA FACULTE DE PHARMACIE DE NANCY. N° 35, avril 1949. — **A. Delaunay** : Les Hyaluronidases, les Collagénases et leur intérêt biologique. — **J. G. Marchal** : Techniques de Laboratoire : 1° La Tularémie; 2° Isolement du Gonocoque.

CONTRIBUTIONS DE L'INSTITUT BOTANIQUE DE L'UNIVERSITE DE MONTREAL. N° 64, mars 1949. — **J. Brunel** : The rediscovery of the Desmid Pleurotœnium spinulosum with description of a new variety from Madagascar. — **J. Brunel** : Achroonema spiroideum Skuja 1948, of the Trichobacteriales, discovered simultaneously in Sweden and in Canada. — **R. Gauthier et M. Raymond** : Le genre Elatine dans le Québec. — **M. Raymond** : Notes sur le genre Carex II. La valeur taxonomique de C. arctogena. — **M. Raymond** : Notes sur les Arisæma du Québec. — **J. Kucyniak** : Quelques Muscinées des Iles de la Madeleine. — **E. Rouleau** : Enumeratio plantarum vascularum Terræ-Novæ.

GEOGRAPHICAL REVIEW. Avril 1949. — **H. K. Lee, H. Lemons** : L'habillement dans le monde. — **A. Court** : La température de la Death Valley. — **J. J. Parsons** : L'industrie en Californie. — **E. L. Ullman** : Le réseau des voies ferrées aux Etats-Unis. — **J. P. Haughton** : La géographie sociale de Dublin. — **N. N. Lewis** : Malaria, irrigation et érosion du sol en Syrie centrale. — **D. Ashbel** : Fréquence et distribution de la rosée en Palestine. — **L. S. Wilson** : Les leçons de l'expérience de la section d'information cartographique de l'O. S. S. — **R. G. Bowman** : L'acclimatation en Nouvelle-Guinée.

LE NATURALISTE CANADIEN. Vol. LXXVI, n[os] 3-4, mars-avril 1949. — **M. Raymond** : Notes floristiques sur la tourbière de Saint-Blaise, Comté de Saint-Jean. — **Frère Irénée-Marie** : Contribution à la connaissance des Desmidiées dans la région des Trois-Rivières.

LA REVUE D'OKA. Vol. XXXIII, n° 2, mars-avril 1949. — **E. Brochu et R. Riel** : Influence des bactéries lactiques sur la teneur en vitamines du lait. - I. Historique général sur la synthèse des vitamines par les bactéries. — **P. E. Larose** : Les moteurs sur la ferme. — **Cl. Gervais** : La culture du pois à conserve.

LA REVUE D'OKA. Vol. XIII, n° 3, mai-juin 1949. — **R. Riel** : Influence des bactéries lactiques sur la teneur en thiamine du lait (II). — **B. Guay** : L'eau courante, une nécessité sur la ferme.

LA TERRE ET LA VIE. N° 2, 1949. — **D. Schachter** : Le laboratoire pour l'étude biologique de la Camargue. — **H. Lomont** : Observations ornithologiques. — **G. Tallon** : Observations botaniques.

LA TERRE ET LA VIE. N° 3, avril-juin 1949. — **J. Berlios :** La réserve du lac Periyar. — **R. Sauvel :** Le Kou-prey ou bœuf gris du Cambodge. — **H. Saint-Girons :** Les mœurs nuptiales de la Vipère aspic. — **A. K. Iablokoff :** Au sujet des futures réserves de la forêt de Fontainebleau.

4° ART DE L'INGENIEUR

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE. N°s 10 et 11, mai 1949. — **A. Ansermet :** Les bases géodésiques de la mensuration en Suisse. — **P. Pingoud :** Note sur une forme particulière de l'équation de passage dans le cas d'une turbine axiale à réaction. — **M. Paschoud :** La querelle des barrages. — **C. Semenza :** Les barrages de la Societa Adriatica d'Elettricita en Vénétie.

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE. N°s 14, 15 et 16, juillet 1949. — **M. Lavater :** Le développement de l'enseignement technique et les besoins de l'industrie. — **J. P. Baumgartner :** Le problème du dispatching sur les chemins de fer suisses. — **M. Cuénod :** Contribution à l'étude des phénomènes transitoires à l'aide de suites de temps.

BULLETIN TECHNIQUE DU VERITAS. N° 5, mai 1949. — **M. Gautier :** Applications futures de l'énergie atomique et de ses « sous-produits » dans les domaines de la marine et de l'industrie. — **J. O. Traung :** Les bateaux de pêche nordiques modernes.

BULLETIN TECHNIQUE DU VERITAS. N° 6, juin 1949. — **H. A. K. Fay et L. Baker :** Appareil propulsif à vapeur léger pour aviso-torpilleur. — Statistiques d'accidents de l'aviation civile française en 1948. — **D. J. Lyons :** Quelques problèmes sur la stabilité et le contrôle des gros avions. — Le navire à moteur « Kina ».

BULLETIN TECHNIQUE DU VERITAS. N° 7, juillet 1949. — **J. J. Broèze :** L'avenir du moteur diesel marin. — **C. B. M. Dale :** Nouveaux perfectionnements des moteurs diesel à moyenne vitesse et à balayage équicourant - Le moteur propulsif d'avion à turbine à gaz Mamba. - Nouvelle machine à tailler les modèles d'hélices.

ELECTRICAL ENGINEERING. T. 68, n° 3, mars 1949. — **W. G. Pfann :** L'érosion des contacts et sa prévention. — **L. B. Wales :** Caractéristiques de fonctionnement des régulateurs de vitesse. — **W. B. Kourvenhoven :** Les effets de l'électricité sur le corps humain. — **W. A. Stein :** Les propriétés magnétiques des aciers inoxydables. — **C. F. Scott:** La technique domestique. — **W. H. Wickham, H. A. Adler, M. S. Oldacre :** L'incendie des poteaux dû à la contamination des isolateurs. — **M. Temoshok :** Les gradients de voltage superficiel des conducteurs groupés. — **N. L. Schmitz :** La basse-fréquence appliquée aux problèmes de contrôle. — **J. A. Becker, J. N. Shive :** Le transistor : un nouvel amplificateur par semi-conducteur. — **W. E. Kock, R. L. Wallace :** Le transistor coaxial. — **W. T. Whelan :** Recherches récentes sur les sources lumineuses à impulsion. — **R. F. Blanchard, W. B. Blanton :** Le système « presse-bouton » dans les systèmes télégraphiques. — **B. Cozzens, T. M. Blakeslee :** Caractéristiques des isolateurs empoussiérés dans le brouillard. — **M. H. Adolphe :** La sécurité dans les systèmes électriques des aéronefs. — **W. F. Strong :** La fourniture d'énergie pour la précipitation électrostatique. — **F. L. Taylor :** Quelques caractéristiques du contrôle humain. — **H. T. Seeley, F. Von Roeschlaub :** La protection des collectrices différentielles. — **P. C. Goldmack :** Brillance et contraste en télévision. — **T. J. Martin :** Un alternateur pour aéronef à 24.000 t/m. — **T. J. Higgins, H. P. Messinger :** Facteurs d'effet de proximité des collecteurs à trois phases.

ELECTRICAL ENGINEERING. T. 68, n° 4, avril 1949. — **E. M. Strong :** L'enseignement « coopératif » (études scolaires alternant avec des stages industriels) au niveau universitaire. — **A. M. Zarem, F. R. Marshall, F. L. Poole :** Un volet électrooptique pour photographie. — **L. C. Aicher :** Les méthodes de détection des défauts des transformateurs par impulsions. — **S. R. Durand, J. B. Rice :** Convertisseur à arc au mercure pour chauffage par induction. — **S. C. Spielman :** Les caractéristiques de la puissance d'entrée des récepteurs de télévision. — **J. H. Michael, T. G. Bank :** Disjoncteur fonctionnant par l'air dans les fours à arc. — **W. T. Thagard :** L'énergie électrique dans le transport du gaz naturel. — **P. P. Cioffi :** Aimants permanents stabilisés. — **B. F. Parr :** L'évolution du fer à repasser automatique moderne. — **W. H. Bliss :** Compteurs électroniques à chiffres. — **H. E. Dinger, G. E. Leavitt :** Antennes pour mesures de rayonnement. — **A. W. Walton, H. W. Lensner :** Système porteur de contrôle de charge. — **E. L. Hardler et J. M. Clayton :** Projets et performance de lignes basés directement sur la foudre. — **A. M. Lockie, G. M. Stein :** Essais sous charge de température de bobines continues. — **D. R. Campbell et T. J. Woods :** Le rendement des locomotives diesel électriques. — **T. R. Halman, L. K. Harris.** : Corrections de voltage dans les circuits de contrôle de relais.

LA RECHERCHE AERONAUTIQUE, n° 8, mars-avril 1949. — **R. Kling et R. Gilis :** Manographe photoélastique à déformation de paroi pour l'enregistrement des variations de pression dans les tuyauteries d'injection de combustibles. — **C. Foure :** Le problème de la combustion d'un carburant liquide dans une chambre de turbo-réacteur. — **M. Luntz :** Aérodynamique moléculaire. — **A. Kh. Iablokoff :** Les contreplaqués dans la construction aéronautique. — **M. Falinski :** Imprégnation des bois par les résines synthétiques. — **M. Girouard :** Méthode d'étude de la polymérisation des résines thermodurcissables. — **G. Eckart :** Sur la propagation des ondes électromagnétiques « planes » dans un milieu stratifié. — **F. Lajeunesse et E. Matteï :** Radio-télémesure pour engins aériens. — **J. Nicolas :** Note sur les grandeurs caractéristiques de l'air utilisé dans la propulsion à vitesse supersonique. — **L. Viaud :** Remarque sur la pression optimum de sortie du jet d'un stato-réacteur. — **J. Delarbre :** La haute atmosphère.

LA RECHERCHE AERONAUTIQUE, n° 9, mai-juin 1949. — **Anguinier :** Les alliages légers à haute résistance. — **G. Lehmann :** Oscillateurs électroniques pour systèmes de télécommande et de télémesure. — **J. Zakheim :** Oscillateurs à résistances et capacités. — **A. Hermann et J. M. Souriau:** Critère de stabilité pour des équations caractéristiques à coefficients réels ou complexes. — **R. Lautie et M. Sarrat :** Dosage du plomb tétraéthyle dans les combustibles. — **J. Beaudoux :** Propriétés mécaniques du nylon aux faibles humidités. — **C. Ducot :** Antennes diélectriques omni-azimutales pour ondes ultra-courtes. — **G. Eckart :** Le temps de propagation des ondes électromagnétiques dans la troposphère; contribution à une théorie de la navigation précise. — **M. Bassière :** Un extensomètre enregistreur. — **J. Delarbre :** La haute atmosphère. — **M. Vasseur :** Captation par un corps de révolution; application à la sphère. — **Ch. Roumieu :** Etude des régimes transitoires en aérodynamique supersonique à deux dimensions. Aperçu théorique sur le domaine transsonique.

LA TECHNIQUE MODERNE, n°s 9 et 10, mai 1949. — **J. Petri :** L'évolution dans la construction des machines-outils. — **V. Pomper :** La commande hydraulique des petites avances des machines-outils. — **A. Fouille :** Les variateurs électroniques appliqués à la commande des machines-outils. — **P. Thirion :** Le caoutchouc dans l'équipement et l'installation.

LA TECHNIQUE MODERNE, tome VLI, n°s 11 et 12 juin 1949. — **A. Missenard :** Techniques nouvelles dans le chauffage des usines et des grands locaux. — **S. Charpentier :** Les tubes luminescents. — **J. Seigle :** Les aciers résistant aux températures élevées. Quelques aspects de la question. — **A. Pellevat :** Les locomotives 241 P de la S.N.C.F.

5° REVUES GENERALES ET DIVERSES

ANNALES DE LA SOCIETE SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, tome 63, 2e fascicule, juin 1949. — **R. H. J. Germay** : Sur certains systèmes linéaires d'équations aux dérivées partielles du second ordre. — **V. Thébault** : Sur les coniques associées à un triangle. — **M. Parodi** : Sur une propriété des déterminants gauches. — **G. Lemaitre** : Application des méthodes de la mécanique céleste au problème de Störmer. — **M. de Hemptinne et C. Courtoy** : Vibrations fondamentales de l'éthylène monodeutéro-substitué. — **M. de Hemptinne et R. Van Riet** : Spectre Raman de l'éthane monodeutéré. — **M. Lecat** : Azéotropes complémentaires ne contenant pas d'alcool.

ARCHIVES INTERNATIONALES D'HISTOIRE DES SCIENCES, n° 7, avril 1949. — **J. Needham** : L'unité de la science; l'apport indispensable de l'Asie. — **R. P. Robert Lenoble** : A propos du tricentenaire de la mort de Mersenne. — **A. Lejeune** : Les « Postulats » de la Catoptrique dite d'Euclide. — **Aly Mazaheri** : La théorie atomique d'Omar Khayyam. — **R. Fric** : Catalogue préliminaire de la correspondance de Lavoisier. — **D. Gernez** : Les indications relatives aux marées dans les anciens livres de mer. — **R.P. H. Bernard-Maitre** : Le Père Le Chéron d'Incarville, missionnaire français de Pékin (les courtes années de production). — **F. K. Studnicka** : Quelques notions fondamentales de la physiologie générale de Jan Evangelista Purkyne, de la théorie cellulaire de Théodore Schwann et de la plasmatologie actuelle. — **A. Mieli** : Tables chronologiques d'Histoire des Sciences.

ARCHIVES INTERNATIONALES D'HISTOIRE DES SCIENCES, n° 8, juillet 1949. — G. Sarton : Agrippa, Fontana and Pigafetta. The erection of the Vatican obelisk in 1586. — **J. M. Millas-Vallicrosa** : Les sources de l'œuvre astronomique de R. Abraham Bar-Hiyya de Barcelone. — **P. Costabel** : Le paradoxe de Mariotte. — **R. Almagia** : La conoscenza del fenomeno delle marce nell'antichita. — **E. Wickers-Heimer** : Squelettes et décharnés dans l'iconographie strasbourgeoise du Moyen-Age. — **R. P. Forbes** : The Ancients and the Machine.

ARCHIVES DES SCIENCES (Genève), vol. 2, fascicule 1. — **Ch. Spierer** : Dispositif pour la suppression des franges d'interférence dans l'image microscopique en fond clair et noir. — **W. Seifriz et H. L. Pollack** : Toxicité et structure moléculaire des xanthines et des barbiturates. — **J. M. Vallet** : Etude des courants électriques naturels liés au carbonifère de la région de Salins-Chandolise-Bramois près de Sion (Suisse). — **H. Varcollier** : Observations sur le travail de M. Sivadjian : La constance de la vitesse de la lumière et ses vérifications. — **J. Sivadjian** : Le coefficient d'inertie (la masse) et le mouvement. — **P. Bouvier** : Sur la diffusion par électrons libres dans une atmosphère stellaire étendue. — **H. Varcollier** : La théorie de la propagation ellipsoïdale et ses possibilités. Relativité, quanta, gravitation.

ENDEAVOUR, volume VIII, n° 30, 1949. — **Pierre Simon de Laplace** (1749-1827). — **C. D. Darlington** : Les particules génétiques. — **M. Guia** : Amédée Avogadro. — **D. R. Hartrée** : Développements récents des machines à calculer. — **G. Lapage** : Le dessin scientifique. — **J. C. Kendrew** : Hémoglobine fœtale. — **R. W. Moncrieff** : Vues modernes sur la chimie des parfums. — **R. W. Marsh** : Maladies cryptogamiques des fruits.

EXPERIENTIA, vol. V, fasc. 5, mai 1949. — **F. Kogl** : Chemische und biochemische Untersuchungen über Tumorproteine. — **R. Glocker** : Aussichten einer Teifentherapie mit schnellen Elecktronenstrahlen. — **G. Mansfled** : New Pathways of the Physiology of Infection and Immunity.

EXPERIENTIA, vol. V, fasc. 6, juin 1949. — **H. Winterstein** : The « Reaction Theory » of Respiratory Regulation. — **E. Wenk** : Die Assoziation von Radiolarienhorsteinen mit ophiothischen Erstarrungsgesteinen als petrogenetisches Problem.

EXPERIENTIA, vol V, fasc. 7, juillet 1949. — **H. Winterstein** : The « Reaction Theory » of Respiratory Regulation. — **H. E. Süss** : Die kosmische Häufigkeit der chemischen Elemente. — **H. Autrum** : Neue Versuche zum optischen Auflösungsvermögen fliegender Insekten.

JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE, t. 247, n° 3, mars 1949. — **G. E. Pettengill** : Sur des manuscrits de Franklin, Priestley et Samuel Vaughan Jr., 1775-1782. — **G. H. Handelman** : Courbes de poursuite aérodynamique dans les attaques par le haut. — **A. S. Fitzgerald** : La réaction dans les amplificateurs magnétiques. — **H. B. Michaelson** : La technique de la recherche bibliographique en technique électrique.

JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE, t. 247, n° 4, avril 1949. — A l'occasion du 125e anniversaire de la fondation du Franklin Institute, reproduction du « First annual Report of the Proceedings of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania, for the Promotion of the Mechanic Arts ».

JOURNAL DES RECHERCHES DU C.N.R.S., n° 8, 1949. — **Ch. Guillaud et R. Bertrand** : Les mécanismes élémentaires de l'aimantation appliqués à l'aimantation initiale. — **R. Jacquot** : Influence de l'éclatement mécanique (ultramouture) sur la valeur alimentaire du son de blé. — **Mlles M.-Th. François et M. Régent** : Détermination du point de fusion des graisses alimentaires. — **Ed. Brun et M. Plan** : La mesure de la température d'arrêt dans les courants gazeux rapides. — **M. Devienne** : Influence de l'humidité sur la conduction thermique des corps granuleux. — **Kl. Feniger** : Etude de la transmission de froid par convexion naturelle et de la formation de givre.

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS, t. 41, n° 6, décembre 1948. — **T. G. Digges, C. R. Irish, N. L. Carwile** : Effet du bore sur la dureté des alliages purs et des aciers commerciaux. — **E. W. Taylor** : Absorption des ondes de radio réfléchies à l'incidence verticale comme fonction de l'angle zénithal solaire. — **R. B. Scott** : Destruction de la superconductibilité par un courant. — **H. F. Mc Murdie et E. Golovato** : Etude des modifications du bioxyde de manganèse. — **A. I. Dahl et P. D. Freeze** : Etude d'une méthode proposée par Gnam pour la mesure des températures des pièces en rotation. — **H. L. Frush et H. S. Isbell** : Les amides des acides glucuronique, galacturonique et mannuronique. — **R. C. Nelson, E. K. Plyler, W. S. Benedict** : Spectres d'absorption du méthane dans le proche infra-rouge. — **J. M. Florence, F. W. Glaze, C. H. Hahner, R. Stair** : La transmission de l'énergie dans le proche infra-rouge par les verres binaires.

LA NATURE, n° 3170, juin 1949. — **Pierre P. Grasse et Ch. Noirot** : Les termitières géantes de l'Afrique équatoriale. — **R. Leprêtre** : L'action des climats sur les matériels électriques. — **F. de Laborderie** : Les avions privés au 18e salon de l'Aéronautique. — **Colonel M. Lame** : Progrès des hélicoptères. — **J. Kohlmann** : Le Musée de la Parole. — **P. Devaux** : Une nouvelle source d'énergie : La chaleur planétaire. — **M. E. Nahmias** : Bêtatrons et synchrotrons. — **R. Merle** : Le Balanoglosse.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 20 avril 1949. — **Ch. de Duve** : Les méthodes d'exploration du domaine infra-microscopique en biologie. — **A. Van Hoof** : Les étoiles variables à éclipses. — **R. Ballieu** : Géométrie et Algèbre. — **P. Lejay** : Les influences solaires sur la propagation des ondes radioélectriques. — **J. Carles** : Qu'est qu'un cru ?